



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**“DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, PARA
LA COMUNIDAD DE NAMASLI, MUNICIPIO DE JALAPA, DEPARTAMENTO DE
NUEVA SEGOVIA”.**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

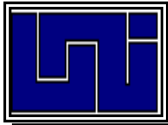
Br. Elizabeth del Carmen Castillo Muñoz

Br. Gabriela Alejandra González Alfaro

Tutor

Ing. María Elena Baldizón

Managua, Agosto 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA Y MEDIO AMBIENTE

Managua, 25 de Junio de 2019

Dr. Oscar Gutiérrez S.
Decano de FTC.
Su despacho.

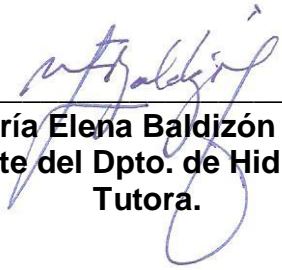
Estimado Dr. Gutiérrez:

Por medio de la presente ha de su conocimiento he dado seguimiento y revisado el Trabajo Monográfico titulado **“DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD NAMASLI, MUNICIPIO DE JALAPA, DEPARTAMENTO DE NUEVA SEGOVIA”**, desarrollado por las bachilleres, **Elizabeth del Carmen Castillo Muñoz y Gabriela Alejandra Gonzalez Alfaro**, con el fin de optar al título de Ingeniera Civil.

Considerando, que el trabajo monográfico ha sido concluido y que cumple con todos los objetivos y aspectos técnicos planteados en el protocolo, éste puede ser presentado y defendido ante el Jurado examinador que estime conveniente.

Sin más a que referir y deseándole éxitos en sus funciones, le saludo.

Atentamente.



Ing. María Elena Baldizón Aguilar.
Docente del Dpto. de Hidráulica.
Tutora.

cc. Ing Jorquin Uriel Gaitán González – J. Dpto de Culminación de Estudios.
Ing. Ricardo Javier Fajardo - J. Dpto. de Hidráulica y Medio Ambiente.
Sustentantes (2).
Archivo.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC-FTC-REF-No.136

Managua, Noviembre 06 del 2018

Bachilleres

ELIZABETH DEL CARMEN CASTILLO MUÑOZ

GABRIELA ALEJANDRA GONZÁLEZ ALFARO

Su atención

Estimadas Bachilleres:

Es de mi agrado informarles que el PROTOCOLO de su Tema **MONOGRAFICO**, titulado "DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, PARA LA COMUNIDAD DE NAMASLI, MUNICIPIO DE JALAPA, DEPARTAMENTO DE NUEVA SEGOVIA". Ha sido aprobado por esta Decanatura.

Asimismo les comunico estar totalmente de acuerdo, que la **Ing. María Elena Baldizón Aguilar**, sea la tutora de su trabajo final.

La fecha límite, para que presenten concluido su documento, debidamente revisado por el tutor guía será el **06 de Mayo del 2019**.

Esperando puntualidad en la entrega de la Tesis, me despido.

Atentamente,



Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba

Decano

CC: Protocolo

Tutor

Archivo*Consecutivo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC.FTC.REF No. 56
Managua, 09 Mayo del 2019

Bachilleres
ELIZABETH DEL CARMEN CASTILLO MUÑOZ
GABRIELA ALEJANDRA GONZÁLEZ ALFARO
Presentes

Estimados (as) Bachilleres:

En atención a su carta de solicitud de **PRORROGA (DE 3 MES)**, para efectuar la pre-defensa de su trabajo de **Monografía "DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD NAMASLI, MUNICIPIO DE JALAPA, DEPARTAMENTO DE NUEVA SEGOVIA"**. Esta Decanatura aprueba la misma considerando los problemas planteados en su comunicación.

Deberá presentar concluido su documento debidamente revisado por el tutor guía **el 09 Agosto del 2019**. Para la programación de su fecha de pre-defensa.

Esperando de ustedes puntualidad en la entrega de su trabajo final, me despido.

Atentamente,



Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano

CC: Tutor
Archivo-Consecutivo

DEDICATORIA

Quiero dedicar este gran trabajo a tres personas que han significado mucho para mí, no solo en mis años de estudiante de Ingeniería Civil, sino aún más importante, en la vida. Estas personas son:

Mi madre, porque a pesar de todas las circunstancias adversas de las situaciones complicadas en las que nos hemos visto involucradas desde mi crecimiento, ha estado ahí, en silencio, sin mucha inclusión; sin embargo, puedes sentir su esperanza y su abrazo sin siquiera tocarte. Por todo lo que me has dado, y también por lo que no. La culminación de cinco años de estudio, la recompensa de este proceso agri dulce, es tuya, tanto o más que mía. ¡Todo es y seguirá siendo por vos!

Mi amiga, compañera, y hermana por elección, Gabriela. Has sido de las personas de las cuales más he aprendido, tu bondad, tu carisma y tus ganas de salir adelante son las cosas que siempre me han empujado cuando lo he necesitado. En ocasiones en las que no pude lidiar conmigo misma, acudí a vos, y siempre estuviste para mí. Desde que hicimos nuestro primer trabajo juntas, supe que eras la única con la que podía formar un verdadero equipo, en los estudios y en la vida. ¡Nos falta mucho por conseguir y momentos que compartir!

Y la última persona a quien quiero colocar en esta página, es a mí, si, a mí misma, soñé con ser Ingeniera desde los 8 años, estudie hasta el cansancio, sin importar que no tuviéramos la situación económica ideal. Llegar a la universidad ya era un gran logro para mí, ya que soy la primera en mi familia que lo hace, pero, cuando entre me di cuenta que solo era el principio, y a pesar de que algunas veces me sentí sola, devastada y superada por la universidad, no claudique, no me detuve, y no me rendí. Y hoy estoy aquí, presentándoles lo que representa el fin de mi trayectoria en esta universidad. La cual una vez me enseña que no es el fin, sino un nuevo comienzo.

Por último, quiero hacer referencia a mi país, Nicaragua, que me ha demostrado hasta el cansancio que aunque existan personas que quieran derrumbarte, verte caer, hacerte creer que no puedes con lo que quieres; no hay nada que no puedas lograr si lo deseas, y si trabajas duro por ello.

Elizabeth Castillo

“Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado, un esfuerzo total es una victoria completa”

Mahatma Gandhi

DEDICATORIA

¡A Papachu! Por cuidar cada uno de mis pasos y por Su loco amor por mí, sin Él esto no hubiera sido posible en ninguna de sus formas.

A mi mami, gracias por toda la vida de sacrificios que ha tenido que llevar para verme llegar hasta aquí, gracias por aguantar lloraderas y “malacrianzas”, por mimarme y por enseñarme a que no hay mejor recompensa que lo que viene después del trabajo duro. Solo usted y yo sabemos lo mucho que trabaje los últimos cinco años. Esta vida no va a ser suficiente para agradecerle tanto amor. ¡Lo mejor está por venir, mamu!

A mi papi, gracias por el apoyo incondicional, por ayudarme a mantenerme a flote aun en tiempos de adversidad, por ser el mejor ejemplo a seguir en todos los aspectos y por hacerme sentir la “pajarita” más querida de este mundo. Espero pueda sentirse igual de orgulloso de mi, a como su niña siempre lo ha estado de usted.

A mi Xavi, gracias por ser mi mejor amiga, mi “safe haven” y mi perro, ya te lo he dicho varias veces, pero verdaderamente no se como hubiera sido la vida sin vos. Gracias por recordarme constantemente que no tengo mas limites que yo misma y por animar cada una de mis metas como si fueran tuyas, ¡me haces mejor persona!

¡Eli! Solo recordarte que por favor nunca te conformes con poco, porque te mereces solo lo mejor. Desde ya celebro todos tus logros, van a ser muchos. Gracias por lanzarte a mar abierto conmigo desde los primeros años (pude sobrevivir a la UNI gracias a vos también), ¡hemos llegado a tierra firme!

Y a Nicaragua, mi cogollito de pijibay, por darme razones para seguir adelante, que orgullosa estoy de haber nacido en este triangulito de tierra. Ojalá podamos construir entre todos el país que añoramos. ¡FLORECEREMOS!

Siempre el MAGIS, siempre el más.

GABRIELA GONZÁLEZ

"...Pedir lo que quiero: será aquí pedir conocimiento interno de tanto bien recibido, para que reconociéndolo enteramente, pueda en todo amar y servir a su divina Majestad" -San Ignacio de Loyola (EE 233)

*¿Qué sos
Sino un triangulito de tierra
Perdido en la mitad del mundo?*

*¿Qué sos
Sino un vuelo de pájaros
Guardabarrancos
Cenzontles
Colibríes?*

*¿Qué sos
Sino un ruido de ríos
Llevándose las piedras pulidas y brillantes
Dejando pisadas de agua por los montes?*

*¿Qué sos
Sino pechos de mujer hechos de tierra,
Lisos, puntudos y amenazantes?*

*¿Qué sos
Sino cantar de hojas en árboles gigantes
Verdes, enmarañados y llenos de palomas?*

*¿Qué sos
Sino dolor y polvo y gritos en la tarde,
—Gritos de mujeres, como de parto—?*

*¿Qué sos
Sino puño crispado y bala en boca?*

*¿Qué sos, Nicaragua
Para dolerme tanto?*

-Gioconda Belli

ÍNDICE

CAPITULO I. GENERALIDADES.....	1
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes	2
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo General	5
1.4.2 Objetivos Específicos.....	5
CAPITULO II. DESCRIPCION GENERAL	7
2.1 Información general del proyecto	7
2.1.1 Localización	7
2.1.2 Hidrología.....	9
2.1.2.1 Hidrología Atmosférica.....	9
2.1.2.1.1 Clima, Temperatura y Precipitación	9
2.1.2.1.2 Evapotranspiración	11
2.1.2.1.3 Balance de Humedad.....	12
2.1.2.2 Hidrología de Superficie	13
2.1.3 Geología	14
2.1.3.1 Estratigrafía.....	15
2.1.3.2 Estructura Geológica.....	16
2.1.4 Hidrogeología.....	19
2.1.5 Calidad del Agua.....	25
2.1.6 Sistema de agua existente.....	27
CAPITULO III: MARCO TEÓRICO.....	28
3.1 Generalidades.....	28

3.1.1 Agua Potable	28
3.1.2 Calidad del Agua.....	28
3.1.3 Elementos de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable	28
3.1.3.1 Fuentes de Abastecimiento.....	28
3.1.3.1.1 Tipos de Fuentes	29
3.1.3.2 Captación.....	29
3.1.3.2.1 Pozos	30
3.1.3.3 Estación de Bombeo	31
3.1.3.3.1 Carga Total Dinámica	32
3.1.3.3.2 Potencia Requerida.....	32
3.1.3.3.3 Velocidad de Operación.....	33
3.1.3.4 Línea de Conducción	33
3.1.3.4.1 Línea de Conducción por Gravedad	33
3.1.3.4.2 Línea de Conducción por Bombeo.....	33
3.1.3.4.3 Golpe de Ariete	34
3.1.3.5 Red de Distribución.....	35
3.1.3.6 Almacenamiento	35
3.1.3.7 Tratamiento y desinfección	36
3.2 Población y Consumos	37
3.2.1 Periodo de diseño	37
3.2.2 Población de diseño.....	37
3.2.3 Consumo.....	38
3.2.4 Demanda	38
3.2.5 Dotación.....	38
3.2.6 Nivel de Servicio	38

3.2.6.1 Conexión Domiciliar de Patio	38
3.2.6.2 Conexiones Domiciliares.....	39
3.2.7 Perdidas.....	39
3.2.8 Caudales de diseño	39
3.2.8.1 Consumo promedio diario	39
3.2.8.2 Consumo de máximo día y máxima hora.....	39
3.2.9 Velocidades y presiones máximas y mínimas.....	40
3.3 Accesorios y obras complementarias.....	40
3.3.1 Válvulas de pase.....	40
3.3.2 Válvulas de limpieza	40
3.3.3 Válvulas reductoras de presión y cajas rompe presión	40
CAPÍTULO IV. METODOLOGIA	41
4.1. Estudios Básicos.....	41
4.1.1. Recopilación de información	41
4.1.2. Levantamiento topográfico.....	41
4.1.3. Sondeos Manuales	42
4.1.4. Censo poblacional.....	42
4.1.5. Encuesta Socioeconómica	42
4.1.6. Estudio Hidrogeológico y de Calidad de Aguas	42
4.2. Estudios de gabinete.....	42
4.2.1. Oferta y demanda de agua	43
4.2.1.1 Periodo de diseño	43
4.2.1.2 Población futura	43
4.2.1.2.1 Datos de población históricos	44
4.2.1.2.2 Tasa de crecimiento.....	44

4.2.1.3 Estimación de Consumo	45
4.2.1.3.1 Dotación y nivel de servicio.....	45
4.2.1.3.2 Variaciones de Consumo	45
4.2.2 Fuente de abastecimiento	45
4.2.3 Obra de captación.....	46
4.2.4 Diseño hidráulico del sistema	47
4.2.4.1. Estación de bombeo	47
4.2.4.1.1 Características de la succión	47
4.2.4.1.2 Diámetro interno de la tubería de descarga	47
4.2.4.1.3 Carga total dinámica	48
4.2.4.2. Almacenamiento.	50
4.2.4.2.1 Volumen del tanque	50
4.2.4.2.2 Dimensiones del tanque.....	50
4.2.4.3. Línea de Conducción.	50
4.2.4.3.1 Diámetro mínimo.....	50
4.2.4.3.2 Velocidad	51
4.2.4.3.3 Golpe de ariete.....	51
4.2.4.3.4 Celeridad.....	52
4.2.4.3.5 Tiempo de cierre	52
4.2.4.3.6 Presión Total	52
4.2.4.4. Red de distribución	52
4.2.4.4.1 Análisis hidráulico	53
4.2.4.4.2 Presiones máximas y mínimas.....	55
4.2.4.4.3 Velocidades permisibles en tuberías.....	55
4.2.4.4.4 Diámetros mínimos	55

4.2.4.4.5 Cobertura de tuberías	55
4.2.5 Tratamiento y desinfección del agua.....	56
4.2.6. Estimación de costos	56
4.2.7. Elaboración de planos.....	56
4.2.8. Documento final	56
CAPÍTULO V. CALCULOS Y RESULTADOS	57
5.1 Encuesta socioeconómica	57
5.1.1 Población	57
5.1.2 Vivienda	57
5.1.3 Servicios públicos existentes	58
5.1.3.1 Educación	58
5.1.3.2 Salud.....	59
5.1.3.3 Energía	59
5.1.3.4 Transporte.....	59
5.1.3.5 Comunicación	59
5.1.4 Actividad económica existente	59
5.1.5 Saneamiento e higiene	61
5.1.6 Enfermedades comunes	62
5.1.7 Ingreso económico.....	62
5.2 Estimación de consumo	62
5.3 Obra de captación.....	63
5.4 Cálculo del equipo de bombeo.....	64
5.4.1 Condiciones	65
5.4.2 Sistema operativo FUENTE-TANQUE-RED	65
5.4.2.1 Diámetro interno de la tubería de descarga	65

5.4.2.2 Carga total dinámica	66
5.4.2.2.1 Nivel más bajo del agua durante el bombeo (NB).....	66
5.4.2.2.2 Carga estática de la descarga (CED).....	66
5.4.2.2.3 Pérdidas de la columna dentro del pozo ($hf_{columna}$).....	66
5.4.2.2.4 Pérdidas en la descarga ($hf_{desc.}$)	66
5.4.2.3 Potencia hidráulica de la bomba	67
5.4.2.4 Potencia analítica del equipo de bombeo	67
5.4.3 Sistema operativo FUENTE-RED-TANQUE	67
5.4.3.1 Diámetro interno de la tubería de descarga	67
5.4.3.2 Carga total dinámica	68
5.4.3.2.1 Nivel más bajo del agua durante el bombeo (NB).....	68
5.4.3.2.2 Carga estática de la descarga (CED).....	68
5.4.3.2.3 Pérdidas de la columna dentro del pozo ($hf_{columna}$).....	68
5.4.3.2.4 Pérdidas en la descarga ($hf_{desc.}$)	68
5.4.3.3 Potencia hidráulica de la bomba	68
5.4.3.4 Potencia analítica del equipo de bombeo	68
5.4.4 Punto de operación y selección del equipo de bombeo	69
5.4.5 Tiempo de bombeo	70
5.4.6 Electrificación del sistema	70
5.5 Línea de conducción	71
5.5.1 Diámetro mínimo.....	71
5.5.2 Velocidad y gradiente.....	71
5.5.3 Golpe de ariete.....	72
5.5.3.1 Celeridad.....	72
5.5.3.2 Tiempo de cierre	72

5.5.3.3 Sobrepresión.....	73
5.5.4 Presión total	73
5.6 Red de distribución	73
5.6.1 Análisis hidráulico de la Red	73
5.6.2 Resultados de la modelación hidráulica	74
5.6.2.1 Sistema de operación FUENTE-TANQUE-RED	74
5.6.2.2 Sistema de operación FUENTE- RED-TANQUE	78
5.6.2.2.1 Con consumo de máxima hora	78
5.6.2.2.2 Sin consumo en la red	81
5.6.2.3 Comparación entre ambos sistemas de operación	84
5.7 Conexión de patio	85
5.8 Almacenamiento	85
5.8.1 Volumen del tanque	85
5.8.2 Altura y base del tanque	85
5.9 Tratamiento y desinfección	85
5.10 Resumen de Obras propuestas.	86
5.11 Costos de Obras propuestas.	87
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	89
Conclusiones	89
Recomendaciones	91
BIBLIOGRAFÍA	92
ANEXOS.....	I
ANEXO I. Resultados de la encuesta socioeconómica.....	I
I.I Población	I
I.I.I Edad.....	I

I.I.II Sexo.....	I
I.II Vivienda	II
I.II.I Tipo de vivienda.....	II
I.III Energía	II
I.IV Saneamiento e Higiene	III
I.IV.I Saneamiento	III
I.IV.II Higiene	III
I.V Enfermedades más comunes	IV
ANEXO II. Esquema básico del pozo propuesto.....	V
ANEXO III. Especificaciones técnicas del equipo de bombeo	VI
III.I. Especificaciones técnicas	VI
III.II. Curva característica	VII
ANEXO IV. Línea de conducción de sistema FUENTE-TANQUE-RED.....	VIII
ANEXO V. Costo y presupuesto	IX

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Enfermedades epidémicas.....	4
Tabla 2: Variables Climáticas-Temperatura	9
Tabla 3: Variables Climáticas-Precipitación	10
Tabla 4: Evapotranspiración Mensual	11
Tabla 5: Balance de Humedad.....	12
Tabla 6: Estimación de consumos y población futura	63
Tabla 7: Características de obra de captación.....	64
Tabla 8: Condiciones para cálculo de equipo de bombeo.....	65
Tabla 9: Perdidas por accesorios.....	66
Tabla 10: Diámetro técnico económico sistema F-R-T	67
Tabla 11: Características del equipo de bombeo	69
Tabla 12: Tabla resumen de resultados del equipo de bombeo	69
Tabla 13: Horas de bombeo.....	70
Tabla 14: Diámetro técnico económico sistema F-T-R	72
Tabla 15: Comparación técnica de redes.....	84
Tabla 16: Características del pozo propuesto	86
Tabla 17: Características de la bomba propuesta.....	87
Tabla 18: Características de la red de distribución propuesta	87
Tabla 19: Características del tanque de almacenamiento propuesto	87
Tabla 20: Presupuesto general del proyecto.....	88

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Macrolocalización	7
Ilustración 2: Microlocalización	8
Ilustración 3: Temperaturas en Jalapa	10
Ilustración 4: Precipitación en Jalapa.....	11
Ilustración 5: Balance de humedad del suelo.....	13
Ilustración 6: Cuenca Teotecante	14
Ilustración 7: Mapa geológico de Namasli.....	16
Ilustración 8: Relieve del terreno.....	18
Ilustración 9: Mapa de fallas geológicas	18
Ilustración 10: Pruebas de infiltración	19
Ilustración 11: Infiltración acumulada.....	20
Ilustración 12: Tasa de infiltración.....	21
<i>Ilustración 13: Resultados analíticos de infiltración³</i>	<i>21</i>
Ilustración 14: Infiltración acumulada en Laderas	22
<i>Ilustración 15: Tasa de infiltración en Laderas.....</i>	<i>23</i>
Ilustración 16: Resultados Analíticos de Infiltración Ajustada	23
Ilustración 17: Ubicación de pozos	25
Ilustración 18: Geología de Jalapa.....	26
Ilustración 19: Grado de instrucción del jefe de familia	58
Ilustración 20: Personas que tienen algún tipo de ingreso en el hogar	60
Ilustración 21: Principal actividad económica.....	60
Ilustración 22: Demanda base	74

Ilustración 23: Presiones y velocidades	75
Ilustración 24: Tabla de presiones	76
Ilustración 25: Tabla de velocidades	77
Ilustración 26: Demanda base	78
Ilustración 27: Presiones y velocidades	79
<i>Ilustración 28: Tabla de velocidades</i>	80
Ilustración 29: Tabla de presiones	80
Ilustración 30: Demanda base y diámetro	81
Ilustración 31: Presiones y velocidades	82
Ilustración 32: Tabla de velocidades y perdidas	83
Ilustración 33: Tabla de presiones	83

RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento monográfico exterioriza la evaluación y el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable en la comunidad de Namasli, en el municipio de Jalapa, del departamento de Nueva Segovia. Dentro del cual se describen las características socioeconómicas, topográficas, e hidrogeológicas de la comunidad.

Actualmente, el suministro de agua potable en la comunidad de Namasli, es obtenido a través de la naciente de la Quebrada Namasli, en territorio hondureño. Dicho sistema fue construido en una época de escasa población en ambos lados de la frontera, lo que genera un deficiente abastecimiento para la población existente. Recientemente se han remarcado los conflictos por el vital líquido, existiendo situaciones que amenazan la vida y la seguridad de los ciudadanos nicaragüenses.

Lo anterior refleja la necesidad de exploración de nuevas fuentes de abastecimiento de agua potable en condiciones óptimas, establecidas en territorio nacional, que garanticen la continuidad del fluido y el fácil acceso del recurso para todas las familias.

Como resultado de la recopilación de información, se obtuvo el dato de 368 habitantes albergados en 84 casas, para dar lugar a un número de habitantes por vivienda de 4.38, hasta el año 2005. Sin embargo, según el Comité de Agua Potable y Saneamiento (CAPS), para el año 2013 habitaban unas 1,200 personas en esta comunidad, albergadas en 115 viviendas.

La demanda actual de agua se evaluó en 0.33 l/s como Consumo Promedio Diario Total (CPDT), 0.56 l/s como Consumo de Máximo Día (CMD) y 0.89 l/s como Consumo de la Hora Máxima (CMH). Al final del periodo de diseño el CPDT será de 0.55 l/s, el CMD de 0.94 l/s y el CMH 1.49 l/s. De acuerdo con estos valores se tenía que diseñar la capacidad de la fuente, el tanque de almacenamiento y la red de distribución.

Tomando en cuenta los datos mencionados anteriormente y los resultados de los diversos estudios ejecutados, se preseleccionaron cuatro sitios para la construcción de obras de captación aprovechando la geología local, los caudales de fuentes superficiales y su seguridad frente a eventuales cambios en las condiciones hidrológicas y especialmente frente a la relación conflictiva con las comunidades vecinas de la República de Honduras.

Durante el transcurso del trabajo, se evaluaron todos los posibles escenarios como presuntas soluciones al problema de abastecimiento que presenta la comunidad, con el fin de brindar un resultado final óptimo y un diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable adecuado, según los requerimientos de la población. Así mismo, el documento contiene el presupuesto de los alcances de las obras a crearse, para llevar a cabo de manera efectiva el proyecto.

CAPITULO I. GENERALIDADES

1.1 Introducción

El recurso agua es indispensable para la vida humana, por lo que es primordial que toda comunidad disponga de un abastecimiento favorable, es decir, que sea suficiente, seguro y accesible. Un sistema de abastecimiento de agua potable satisfactorio supone una ventaja en el desarrollo, no solo salubre, sino también económico y social de una población. Se debe hacer el mayor esfuerzo posible para lograr que el agua de consumo humano este en las mejores condiciones como sea asequible.

El agua de consumo humano segura no provoca ningún riesgo representativo para la salud cuando se consume a lo largo de la vida, considerando la gran exposición a enfermedades a la que el ser humano se enfrenta en las distintas etapas de desarrollo personal. En este caso, los más vulnerables a contraer enfermedades a través del agua son los lactantes y niños pequeños, los adultos mayores y personas debilitadas, especialmente si éstas se encuentran viviendo en condiciones insalubres. Regularmente, los que están en situación de riesgo de contraer enfermedades transferidas por el agua pueden verse en la necesidad de tomar precauciones adicionales para protegerse de los agentes patógenos, como por ejemplo hervir el agua que van a consumir.

El agua potable es requerida para todos los usos domésticos e industriales, tal es el caso de: higiene personal, preparación de alimentos, elaboración de productos manufacturados y sobre todo para el consumo humano.

En Nicaragua el acceso al servicio básico de agua potable y saneamiento está estrechamente asociado a la pobreza, más aun, la inequidad en el acceso a agua potable es tan desigual como el consumo. Debido a que los pobres están en gran medida excluidos de estos servicios públicos básicos, ellos tienden a hacer sus propias soluciones inadecuadas o a pagar precios excesivamente altos a

vendedores de agua por una escasa provisión. Al no tener acceso al agua, la pobreza se agrava aún más y se restringe la productividad.

El desempeño relativamente pobre del sector agua y saneamiento se debe en gran medida a:

- Deficiencias institucionales y de políticas del sector.
- Insuficientes recursos presupuestarios públicos.

La relativa ineficiencia e ineficacia del sector está relacionada en gran parte a los lentos aumentos de cobertura, lo cual es concomitante con su falta de sostenibilidad actual.

El presente documento describe el proceso a seguir del diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable en la comunidad de Namasli, del municipio de Jalapa, departamento de Nueva Segovia.

Se realizó el diseño hidráulico de una unidad de bombeo, línea de conducción y almacenamiento, donde se emplearon las normas y criterios técnicos para el diseño en zonas rurales constituidas en reglamentos de aplicación obligatoria para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano en el medio rural, conocidas como Normas Técnicas Obligatorias Nicaragüenses (NTON). De igual manera, se incluye un presupuesto general de las obras que permitió determinar su factibilidad y un mejor fundamento para su ejecución.

1.2 Antecedentes

La mayoría de las 72 comunidades de Jalapa, en Nueva Segovia, se encuentran en condiciones críticas de abastecimiento de agua por sistemas obsoletos, fuentes casi secas y altos costos de energía eléctrica.

El Ministerio de Salud dio la responsabilidad de iniciar el primer programa de agua y saneamiento rural en Nicaragua hasta el año de 1977, el cual se denominó plan

nacional de saneamiento básico rural. Según el Sistema de Información de Agua y Saneamiento Rural (SIESAR), en el municipio de Jalapa existen cinco sistemas de Mini acueductos por Bombeo Eléctrico (MABE), los cuales se sitúan en las comunidades El Portillo, La Mía, Fuente de Agua Viva, Fuente de Bendición y la comunidad el Carbón – Las Delicias. Además, en febrero de este año se presentó un Estudio de Mini acueducto por Bombeo en la Comunidad la Mía¹.

La comunidad de Namasli cuenta con un acueducto que podría satisfacer las necesidades de agua presente, éste fue construido tomando agua de la naciente de Quebrada Namasli, en territorio hondureño; pero en los años recientes han existido eventos que amenazan la vida y la seguridad de los ciudadanos nicaragüenses como el vertimiento de materiales peligrosos (vidrios triturados) en la toma de agua por parte de ciudadanos hondureños, en otras ocasiones la soldadesca hondureña ha impedido las labores de mantenimiento del acueducto.

1.3 Justificación

De acuerdo con un estudio realizado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en junio del 2015; 2600 millones de personas (la mitad de la población del mundo en desarrollo) carecen hasta de una sencilla letrina mejorada, y 1100 millones de personas carecen de acceso a cualquier tipo de fuente mejorada de agua de bebida. Como consecuencia directa de ello:

1.6 millones de personas mueren cada año de enfermedades diarreicas (incluido el cólera) atribuibles a la falta de acceso a un agua potable salubre y al saneamiento básico, y un 90% de esas personas son menores de 5 años, principalmente de países en desarrollo.

¹ Monografía.DISEÑO DE MINIACUEDUCTO POR BOMBEO ELÉCTRICO DE LA COMUNIDAD “LA MIA” DEL MUNICIPIO DE JALAPA por . María Paola Aguirre Pérez, Br. Xochilt Danieska Martínez Duarte. UNI, Febrero de 2019.

160 millones de personas están infectadas por la esquistosomiasis, que causa decenas de miles de defunciones anuales; 500 millones de personas corren riesgo de contraer tracoma, por cuya causa 146 millones están amenazadas de ceguera y 6 millones padecen deterioro visual.

Las helmintiasis intestinales (ascariasis, tricuriasis y anquilostomiasis) están azotando al mundo en desarrollo por falta de agua, saneamiento e higiene adecuados, y 133 millones de personas sufren de fuertes parasitosis intestinales causadas por helmintos; cada año hay aproximadamente 1.5 millones de casos de hepatitis A clínica.

El agua de calidad no es solamente imprescindible para satisfacer la sed de los seres vivos del planeta, sino también para asegurar la producción mundial de alimentos. Se hace así patente cada vez con mayor claridad que la preservación y utilización sostenible de los recursos hidrológicos no solamente constituye un imperativo para el mantenimiento de las actividades productivas y para la preservación de los ecosistemas a escala mundial, sino también una necesidad perentoria de los seres humanos que necesitan del agua para la supervivencia y el desarrollo de una vida digna.

En el caso del municipio de Jalapa, entre las enfermedades epidemiológicas durante el año 2016 y 2017 se encuentran las siguientes:

Tabla 1: Enfermedades epidémicas

N°	Enfermedad	Año 2016		Año 2017	
		Casos	Fallecidos	Casos	Fallecidos
1	Leishmaniasis	0	0	37	0
2	Dengue	143	0	32	0
3	Leptospirosis	13	0	4	0
4	Enfermedad de Chagas	3	0	2	0

N°	Enfermedad	Año 2016		Año 2017	
		Casos	Fallecidos	Casos	Fallecidos
5	Hepatitis A	0	0	1	0
6	Chikungunya	0	0	0	0
7	Zika	5	0	0	0
8	Malaria Falciparum	0	0	0	0
9	Malaria Vivax	1	0	0	0

Fuente: Ministerio de Salud (MINSA) Jalapa

De acuerdo con la tabla anterior se puede deducir que las enfermedades más comunes en el municipio de Jalapa están asociadas directa o indirectamente con el uso del agua, ya sea que den lugar a criaderos de *Aedes aegypti* -el principal transmisor del Dengue, el Zika y el Chikungunya- o también como sitio de recolección de desechos de roedores.

Por todo lo antes expuesto, es primordial que la comunidad de Namasli cuente con un sistema de abastecimiento de agua potable que sea capaz de brindarle a la población acceso al vital líquido, teniendo la plena seguridad que se encuentra en condiciones óptimas para el consumo humano.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

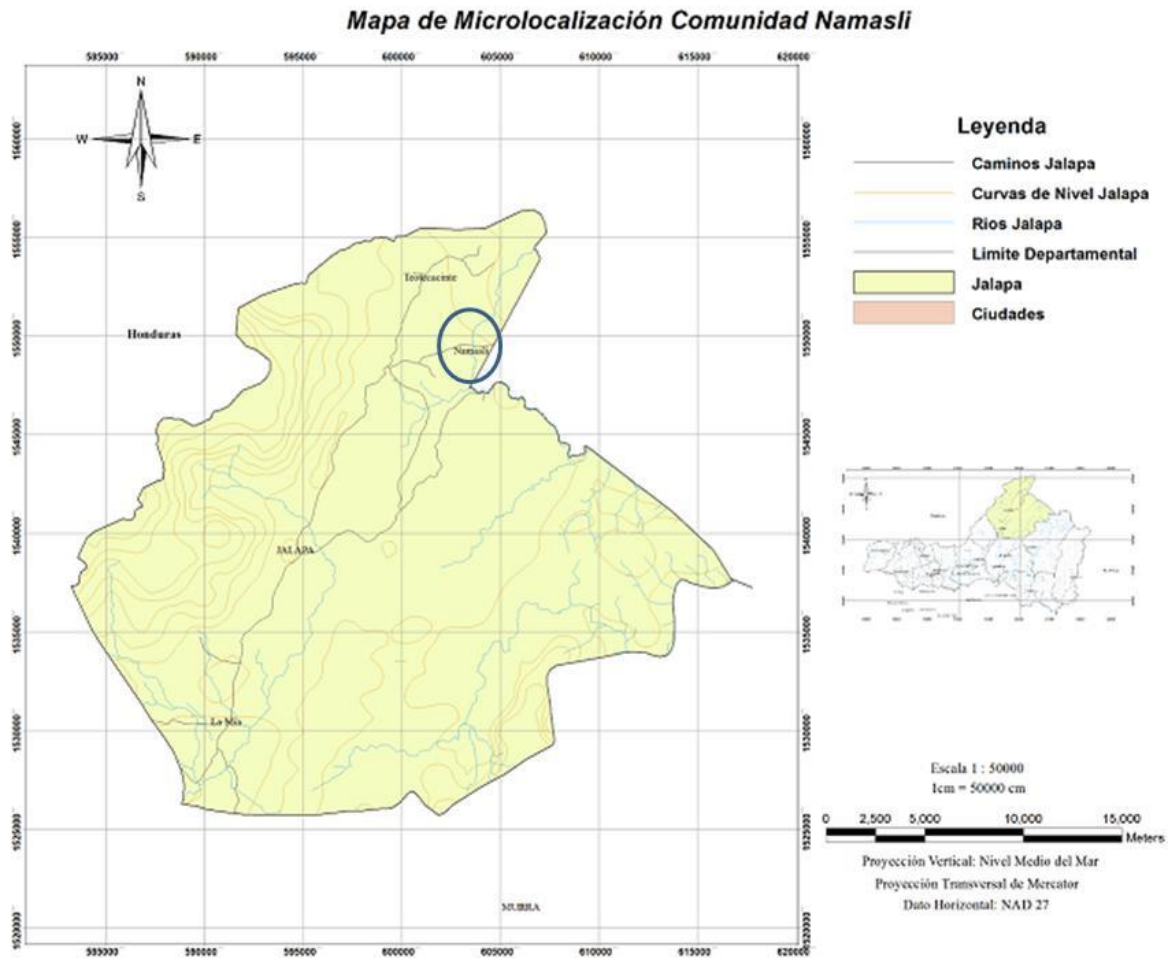
Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad de Namasli, en el municipio de Jalapa, del departamento de Nueva Segovia.

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Realizar un censo poblacional y estudio socioeconómico de la comunidad para determinar las necesidades de agua y situación actual de la comunidad.
2. Evaluar las fuentes de abastecimiento para establecer la calidad y cantidad del recurso hídrico.

3. Efectuar replanteo topográfico para la verificación de la información del sistema de agua potable existente.
4. Proponer alternativas técnico-económicas para el mejoramiento y ampliación del sistema existente.
5. Dimensionar todos los elementos necesarios para el sistema de abastecimiento, que cumplan con las normas establecidas por los entes reguladores nacionales.
6. Elaborar una réplica del sistema a través del software EPANET, con el fin de verificar el buen funcionamiento del diseño propuesto.
7. Calcular el presupuesto de la obra para una mejor evaluación de factibilidad.
8. Elaborar Planos y Especificaciones de las obras existentes y propuestas.

Ilustración 2: Microlocalización



Fuente: Alcaldía Municipal de Jalapa

El relieve de la comunidad va de plano a ligeramente ondulado con algunos terrenos de fuerte pendiente hacia el norte y este.

Los suelos tienen una textura que va desde arenosos hasta franco arenosos, con perfiles recientes y sin horizontes de diagnóstico (*Entisoles*) y en algunos sectores aparecen *inseptisoles*. Presentan algunos bloques de roca de diferente tamaño en el perfil, son bloques de *filitas grafitosas*, minerales cuarzosos, basaltos fundamentalmente, producto de la erosión de las laderas.

El uso de los suelos es mayoritariamente agrícola para la producción de Tabaco, maíz y frijol, café y frutales, y pastos en su mayoría naturales para ganadería

extensiva. Estos suelos se evidencian sumamente sensibles a la erosión por agua; dada su frágil estructura y facilidad de corte.

Su red de drenaje se compone de un curso de agua permanente, la quebrada Namasli, que descarga sus aguas al Rio Poteca, de la cuenca No 45, Rio Coco. Esta quebrada tiene su nacimiento en las laderas del Este del área de estudio, a elevaciones mayores a 1350 msnm localizadas en territorio hondureño. Sus aguas fluyen en cauces de red gruesa hacia el oeste.

2.1.2 Hidrología

2.1.2.1 Hidrología Atmosférica

Se analizaron las series cronológicas de los datos obtenidos mediante la estación HMO Jalapa, de los registros del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) para temperatura y precipitación.

2.1.2.1.1 Clima, Temperatura y Precipitación

El clima de la zona, según la clasificación de Köppen es de tipo Aw, equivalente a Clima Tropical Seco, con una temperatura media de 23.4°C, con máximos de 27.3°C en mayo de 1980 y mínimos de 19.4°C en enero de 1981.

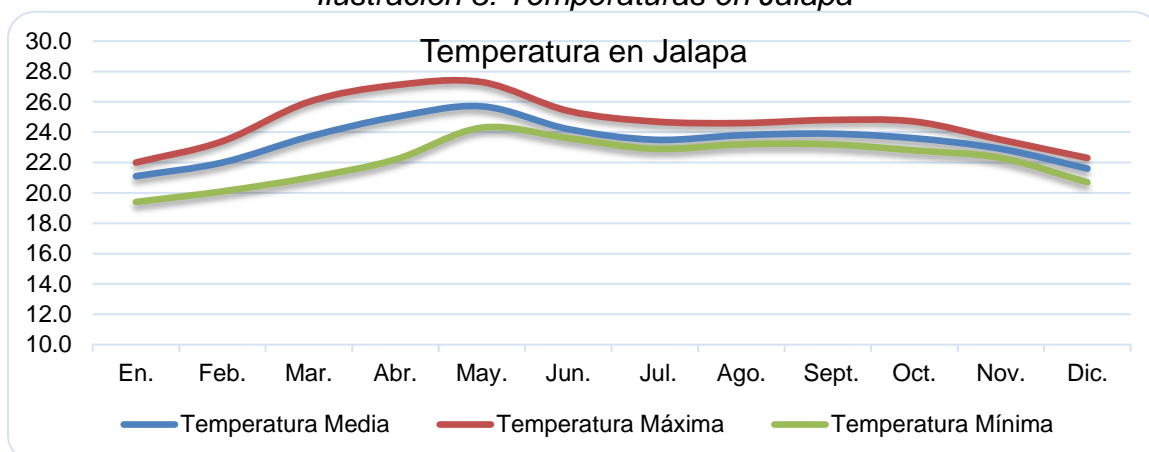
Tabla 2: Variables Climáticas-Temperatura

VARIABLES CLIMATICAS PARA EL VALLE DE JALAPA													
Mes		En.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Temperatura	Media	21.1	22.0	23.7	25.0	25.7	24.2	23.5	23.8	23.9	23.6	22.9	21.6
	Máxima	22.0	23.4	26.0	27.1	27.3	25.4	24.7	24.6	24.8	24.7	23.5	22.3
	Mínima	19.4	20.1	21.0	22.2	24.3	23.6	22.9	23.2	23.2	22.8	22.3	20.7

Fuente: INETER

El rango de las temperaturas muestra variaciones ligeras alrededor de la media, con mínimos en el mes de enero y máximos en el mes de mayo.

Ilustración 3: Temperaturas en Jalapa



Fuente: Recursos de Agua en la Comunidad Namasli. Con énfasis en los recursos de agua para consumo humano. Ing. Eddie M. y Asociados. Alcaldía de Jalapa.

Para la determinación de la lluvia mensual se analizó la serie temporal de la estación HMO jalapa de los registros de INETER. Los resultados se compararon con el mapa de lluvias del Instituto Nacional de Estudios Territoriales. La precipitación anual media en esta estación es de 1458.4 mm/Año con máximos de lluvia anual de 2193.7mm y mínimos de 571.7mm.

Tabla 3: Variables Climáticas-Precipitación

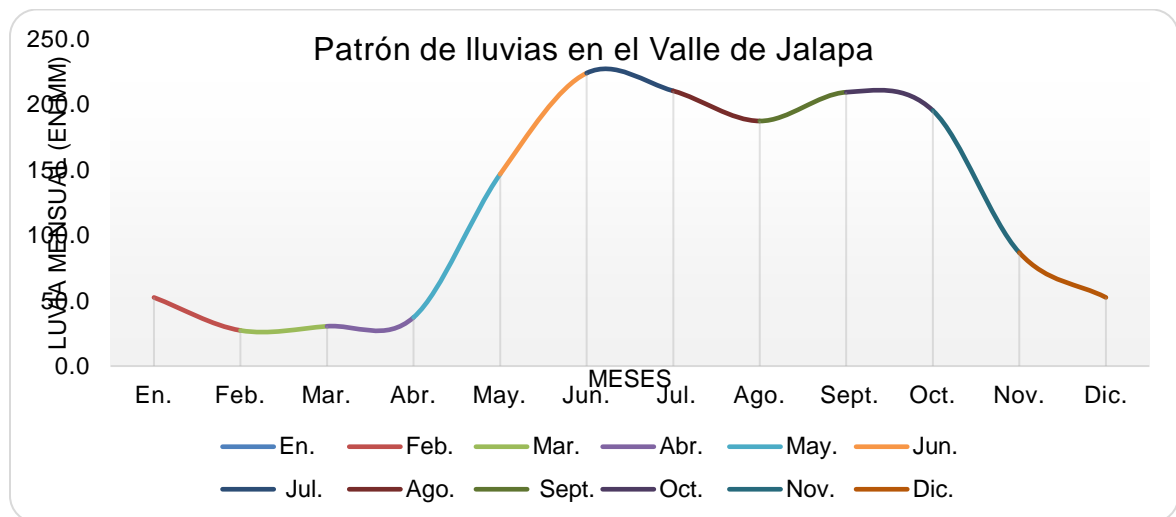
VARIABLES CLIMATICAS PARA EL VALLE DE JALAPA

Mes		En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Precipitación	Media	52.4	27.2	30.4	37.2	146.6	223.8	210.2	187.2	209.2	195.2	86.6	52.4
	Máxima	143.0	79.5	139.7	113.4	345.7	434.8	406.2	339.1	425.3	531.4	237.4	135.9
	Mínima	7.9	4.8	1.6	1.0	2.6	62.4	71.3	45.7	10.3	38.7	7.8	1.6

Fuente: INETER

Las lluvias en el valle de Jalapa se muestran muy distribuidas durante la estación húmeda con las mayores precipitaciones ocurren en Junio. Sin embargo, al analizar los extremos de lluvia (Máximos y Mínimos) se destaca dos picos modales en los meses de Junio y Octubre. (Ilustración 4: Precipitación en Jalapa)

Ilustración 4: Precipitación en Jalapa



Fuente: Recursos de Agua en la Comunidad Namasli. Con énfasis en los recursos de agua para consumo humano. Ing. Eddie M. y Asociados. Alcaldía de Jalapa.

2.1.2.1.2 Evapotranspiración

La evapotranspiración en el territorio se calculó por el procedimiento de Thornthwaite. Como se señaló con anterioridad en este documento se estima desde el cálculo de la temperatura local tomando como estación de referencia a la estación HMO de Jalapa. (Tabla 4: Evapotranspiración Mensual)

La Evapotranspiración Potencial es de unos 1207.3 mm/Año, inferior a la lluvia mensual media, de 1458.4 mm/año.

Tabla 4: Evapotranspiración Mensual

	Ene	Feb	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic
Temperatura	21.1	22.0	23.7	25.0	25.7	24.2	23.5	23.8	23.9	23.6	22.9	21.6
Índice calórico	8.85	9.42	10.55	11.44	11.92	10.89	10.41	10.61	10.68	10.48	10.01	9.16
ETP sin corregir	71.3	80.2	99.0	115.2	124.5	105.0	96.7	100.2	101.4	97.8	89.9	76.2
nº días mes	30	31	30	31	31	28.25	31	30	31	30	31	31
nº horas luz	11.7	10.92	12.36	12.42	13.14	12.84	13.2	12.9	12.24	12.18	11.58	11.76
ETP corr.	69.5	75.4	102.0	123.2	140.9	105.8	109.9	107.7	106.9	99.3	89.6	77.1

Fuente: Recursos de Agua en la Comunidad Namasli. Con énfasis en los recursos de agua para consumo humano. Ing. Eddie M. y Asociados. Alcaldía de Jalapa.

2.1.2.1.3 Balance de Humedad

En la determinación del balance de humedad se utilizó la Evapotranspiración, las lluvias medias, la evapotranspiración real y la duración del día en Jalapa. Los factores de abstracción se ubican en Tabla 5: Balance de Humedad.

Tabla 5: Balance de Humedad

Balance de Humedad del Suelo													
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
Precipitación	52.4	27.2	30.4	37.2	146.6	223.8	210.2	187.2	209.2	195.2	86.6	52.4	1458.4
ETP correg.	69.5	75.4	102.0	123.3	140.9	105.8	109.9	107.7	106.9	99.3	89.6	77.1	1207.4
ETR	52.4	27.2	30.4	37.2	140.9	105.8	109.9	107.7	106.9	99.3	89.6	77.1	984.4
Déficit	17.1	48.2	71.6	86.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	222.9
Reserva	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	47.0	22.3	
Excedentes	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	73.7	100.3	79.5	102.3	95.9	0.0	0.0	451.7

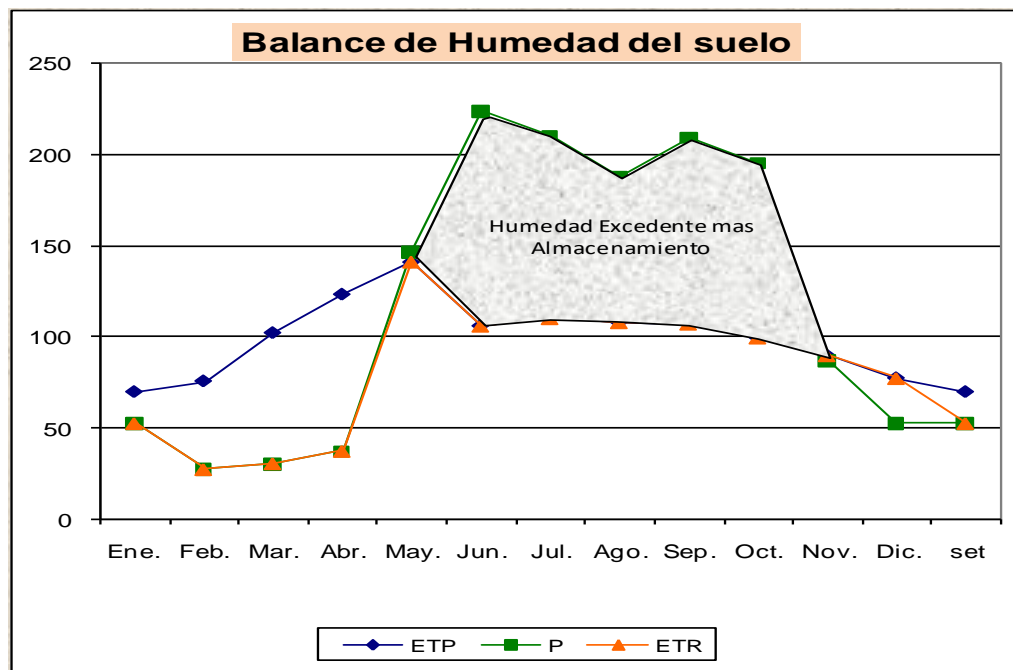
Fuente: Recursos de Agua en la Comunidad Namasli. Con énfasis en los recursos de agua para consumo humano. Ing. Eddie M. y Asociados. Alcaldía de Jalapa

Mediante los datos de la Tabla 5: Balance de Humedad, puede ser visualizada adecuadamente la disponibilidad de agua para la recarga del acuífero. Existen en el territorio, 451.7mm/Año de Humedad excedente que participa de la recarga de acuíferos.

Las sumas obtenidas en la columna Total (Tabla 5: Balance de Humedad), deben cumplir que la suma de las precipitaciones a la suma de la evapotranspiración real más los excedentes y que la diferencia entre la evapotranspiración potencial menos la evapotranspiración real es idénticamente igual a la suma de los déficits.

El almacenamiento en los suelos desde el análisis de balance hídrico es de 451.7 mm/Año. Si se asume que un 30 a 40 % de esta es agua gravítica disponible para la recarga del acuífero el volumen de recarga es de unos 1, 275,826.65 m³/año.

Ilustración 5: Balance de humedad del suelo



Fuente: Recursos de Agua en la Comunidad Namasli. Con énfasis en los recursos de agua para consumo humano. Ing. Eddie M. y Asociados. Alcaldía de Jalapa.

2.1.2.2 Hidrología de Superficie

El terreno estudiado es drenado por el cauce principal de la Quebrada Namasli y por el Rio Poteca, que aportan sus aguas al Rio Coco (Cuenca 45). Las nacientes de la quebrada se encuentran en territorio de Honduras, así como la mayor parte del área de tributación. El área total de la cuenca es de 8.07 Km², la altitud máxima es de 1350 msnm y la mínima es 640 msnm en el exutorio. La longitud de la cuenca es de unos 15.2 km., la pendiente aritmética es de 4.67%.

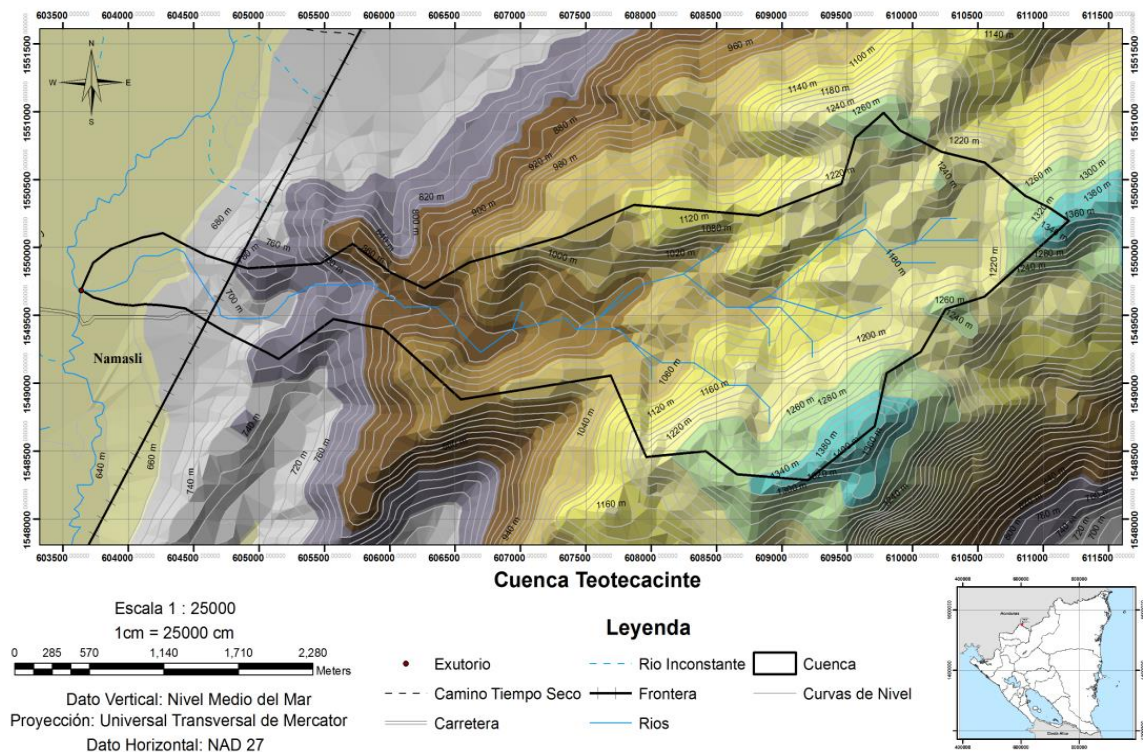
El Cauce principal tiene una longitud de 8.2 Km con elevación máxima de 980 msnm y mínima en el exutorio, con una pendiente de 4.14%.

El relieve de la cuenca es fundamentalmente ondulado a escarpado. Su forma es fuertemente alargada con un Coeficiente de compacidad (o de Gravelius) de 1.98, su relieve se ha deformado en sus dimensiones cartesianas como lo indica su relación de Circularidad de 0.25 y el relieve es escarpado de acuerdo a su relación

de elongación 0.37. Todo lo anterior nos indica que este territorio tiende a responder de manera vigorosa frente a los estímulos de lluvias máximas, si los suelos pierden su capacidad para retener e infiltrar agua.

Por lo tanto, esto nos hace indicar que en la parte alta de la cuenca la infiltración es reducida y se favorece la escorrentía por el relieve escarpado, la escasa profundidad de los suelos y el avance de la actividad ganadera. Sin embargo, los habitantes de Namasli, que conocen la zona afirman que aún existe abundante montaña y vegetación protectora en ese terreno.

Ilustración 6: Cuenca Teotecante



Fuente: INETER

2.1.3 Geología

Existen varias referencias sobre la geología e hidrogeología de la zona de estudio, especialmente como descripciones geológicas generales de la Región nor-central de la República de Nicaragua. Entre otras se puede citar a Fenzl, 1989; Hogdson Valrey, 1998, Mapa geológico de 1971 hoja 295-II y III. De acuerdo con estas

referencias, el origen geológico de estos terrenos se remonta al Paleozoica y corresponden al extremo del bloque Chortis, que incluye los terrenos comprendidos desde la falla motagua en Guatemala, el territorio de Honduras y la zona de la Segovia Nicaragüense. Las rocas típicas son sedimentos marinos fuertemente afectados por efectos tectónicos y por intrusiones. En esta formación aparecen rocas intrusivas acidas del tipo de granitos y granodioritas, rocas metamórficas del tipo de los esquistos, filitas grafitosas y mármoles hasta rocas más jóvenes (del terciario) del tipo de los basaltos y andesitas.

2.1.3.1 Estratigrafía

La estratigrafía² de la zona de estudio se compone de unos paquetes aluviales de más de 120 pies (> 34.5 m) de espesor que sobre yacen a estratos de rocas metamórficas del tipo de Filitas Grafitosas de espesor no conocido. Estas últimas se exponen en las laderas del noreste y se muestran fuertemente fracturadas y falladas e inclinadas (Buzamiento) con dirección sudeste seis grados (6°).

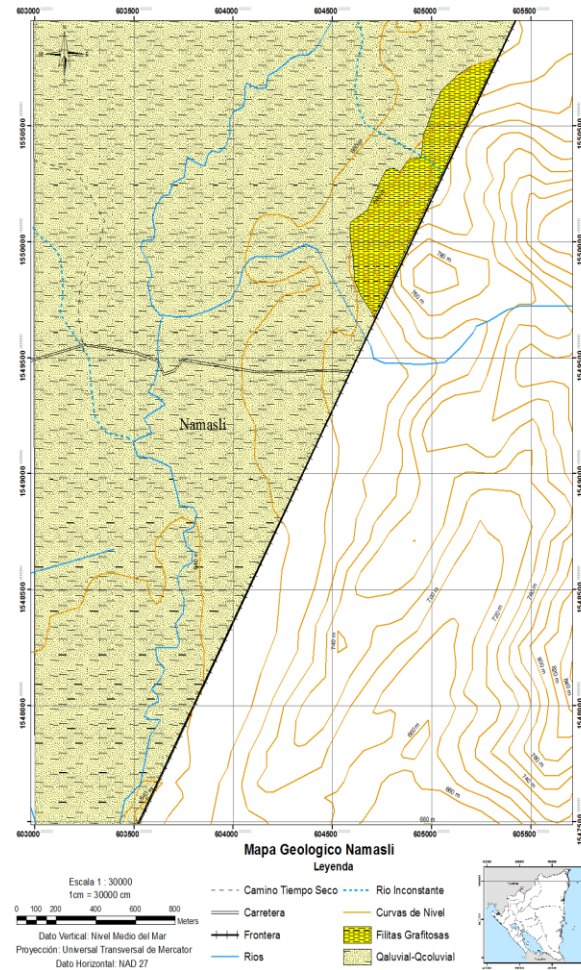
Sobre todos estos materiales se han depositado gruesos paquetes aluviales y coluviales del cuaternario compuestas fundamentalmente de gravas, arenas y limo. Sobre estos paquetes se han formado suelos del cuaternario, de mucha importancia para el sostenimiento de la actividad productiva de la población local. Estos suelos son muy permeables, sin estructura definida y extremadamente sensibles a los procesos erosivos por el agua. Estos suelos van de arenosos a limo arenosos, con formación de costra durante el humedecimiento instantáneo fuerte.

Durante la estación húmeda, es habitual encontrar flujos sustantivos de agua en el contacto entre los estratos del cuaternario (coluvial o aluvial) y el basamento

² Recursos de Agua en la Comunidad Namasli. Con énfasis en los recursos de agua para consumo humano. Ing. Eddie M. y Asociados. Alcaldía de Jalapa.

rocoso de filitas grafitosas, lo cual parece ser la vía de descarga de aguas subterráneas. Especialmente ocurren flujos de agua subsuperficial y descarga de aguas subterráneas entre los paquetes coluviales asociados a fracturas y fallas. Cuando las Filitas están fracturadas son capaces de transmitir agua de manera sustantiva.

Ilustración 7: Mapa geológico de Namasli



Fuente: Recursos de Agua en la Comunidad Namasli. Con énfasis en los recursos de agua para consumo humano. Ing. Eddie M. y Asociados. Alcaldía de Jalapa.

2.1.3.2 Estructura Geológica

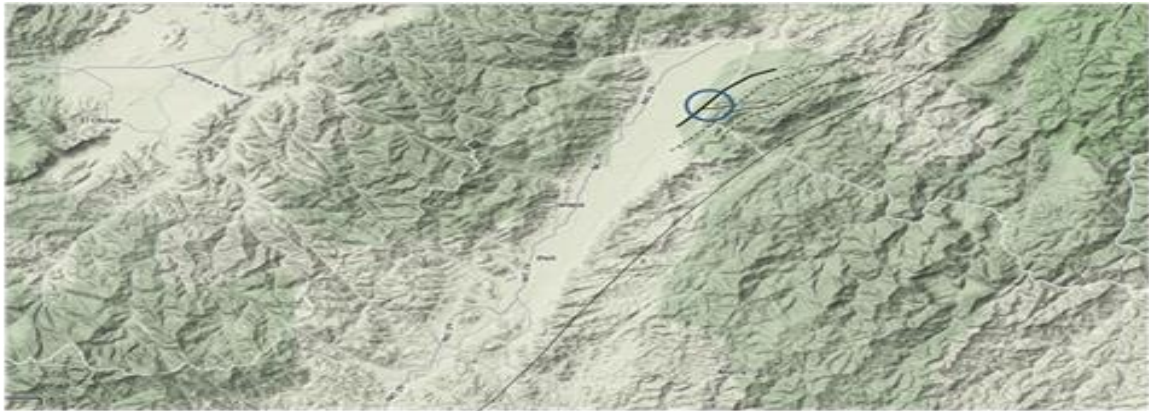
Estas formaciones han sido interrumpidas varias veces por movimientos tectónicos que las han fracturado y fallado, al mismo tiempo que han permitido la incorporación de rocas ígneas intrusivas más jóvenes.

En la zona de estudio se ha encontrado la existencia de una red intensa de fallamiento y fracturación con rumbo preferencial Noreste – Suroeste que ha conducido la formación de un edificio geológico en extensión, reproduciendo hacia el interior del territorio nacional los efectos de la actividad de la zona de choque entre placas tectónicas. Esto es apreciable en el mapa de provincias geoestructurales de la República de Nicaragua (INETER, 2004)

Esta red de fallas y fracturas reproducen los procesos que han ocurrido, después de la formación de la Nicaragua pretérita en los fondos marinos, y condujeron a la formación de la Nicaragua actual. La actividad de la zona de contacto entre placas (Zona de Subducción del Pacífico) tiene un patrón Noroeste-Sudeste, que en el pasado remoto se encontraba próxima a los territorios del núcleo paleozoico y se evidencia en la provincia volcánica del terciario, originó esfuerzos transversales que a su vez condujeron a la formación de zonas de estiramiento de los materiales terrestres (Extensión) que producto de la acción de la gravedad se hunden (Fallas normales) como en la estructura visible que configura al margen Este del valle de Jalapa.

Los empujes transformantes de la zona de subducción generan este tipo de zonas en toda la región norte de Nicaragua. En la zona de estudio este estiramiento se evidencia en fallas de carácter extensional con rumbo NE- SO que producen en las formas del paisaje un aspecto cortado y con contacto neto entre el valle y las laderas. Esta trama de fallas y fracturas tienen una fuerte influencia en la aparición de manantiales y cursos de agua y determinan la ocurrencia de las aguas subterráneas y las nacientes de agua superficial. Integrando estratigrafía y estructura aparece el terreno en su estado actual asociado a las capacidades para transmitir agua.

Ilustración 8: Relieve del terreno

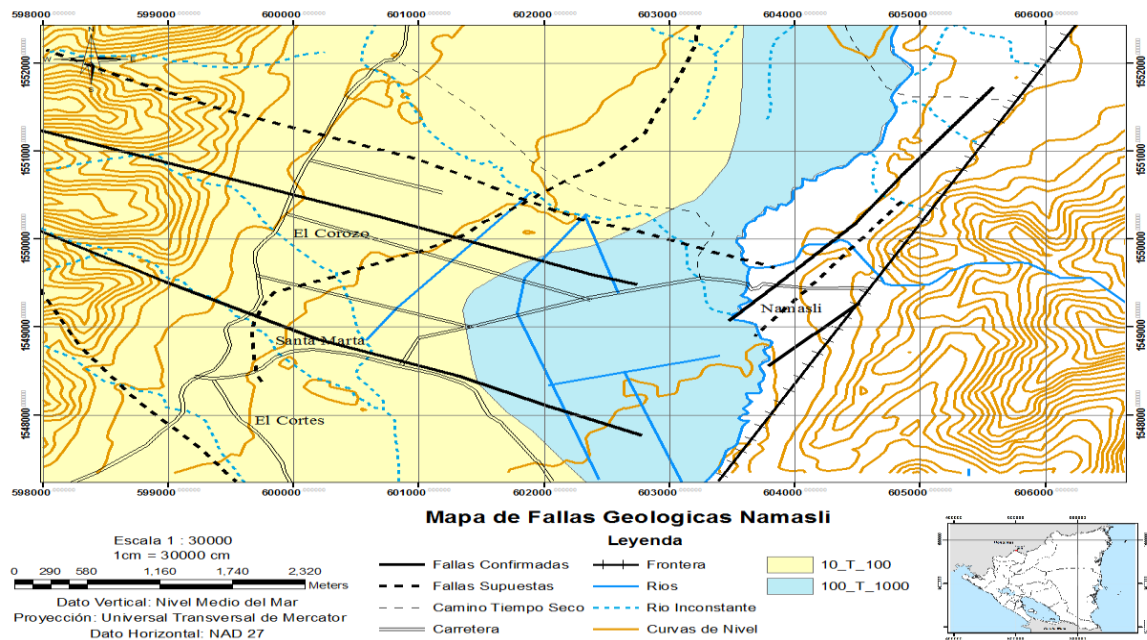


RELIEVE DEL TERRENO DE VALLE DE JALAPA.

Obsérvese el trazo de las estructuras geológicas regionales (Fallas) con rumbo $\approx N-30^{\circ}-E$. Se ha resaltado las estructuras menores (locales) relacionadas con la ocurrencia hidrogeológica. En círculo la Comunidad de Namasli

Fuente: Recursos de Agua en la Comunidad Namasli. Con énfasis en los recursos de agua para consumo humano. Ing. Eddie M. y Asociados. Alcaldía de Jalapa.

Ilustración 9: Mapa de fallas geológicas

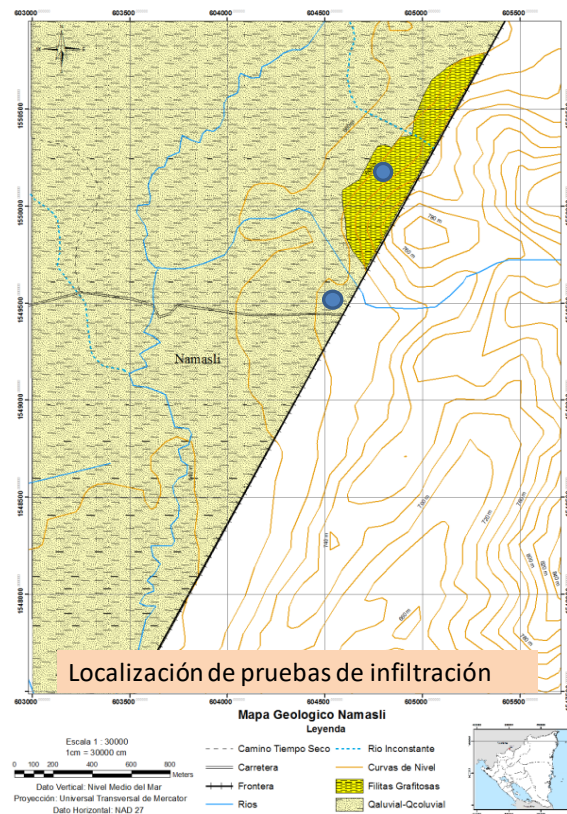


Fuente: Recursos de Agua en la Comunidad Namasli. Con énfasis en los recursos de agua para consumo humano. Ing. Eddie M. y Asociados. Alcaldía de Jalapa.

2.1.4 Hidrogeología

En el valle de Jalapa y la zona cercana a la frontera, en territorio hondureño, los suelos son de arenosos a franco arenosos pobremente desarrollados. Son suelos de poco espesor en las cumbres y de mayor espesor en las laderas y el valle, donde se puede observar una mezcla de materiales (detritus de las rocas subyacentes). En general son suelos muy permeables, lo cual fue verificado mediante pruebas de infiltración de carga constante en anillo sencillo. En el valle estos suelos sobre yacen a paquetes de sedimentos aluviales areno-limosos de gran espesor y en las laderas aparecen sobre yaciendo a estratos de filitas grafitosas fracturadas. Estos suelos fueron valorados Hidrogeológicamente mediante la realización de pruebas de infiltración.

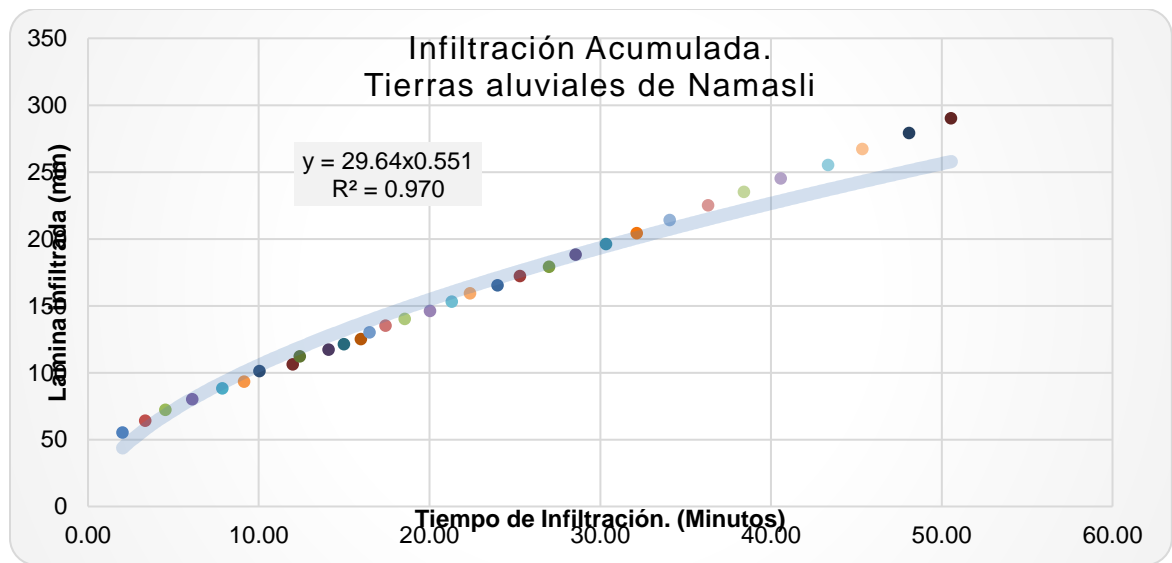
Ilustración 10: Pruebas de infiltración



Fuente: Recursos de Agua en la Comunidad Namasli. Con énfasis en los recursos de agua para consumo humano. Ing. Eddie M. y Asociados. Alcaldía de Jalapa.

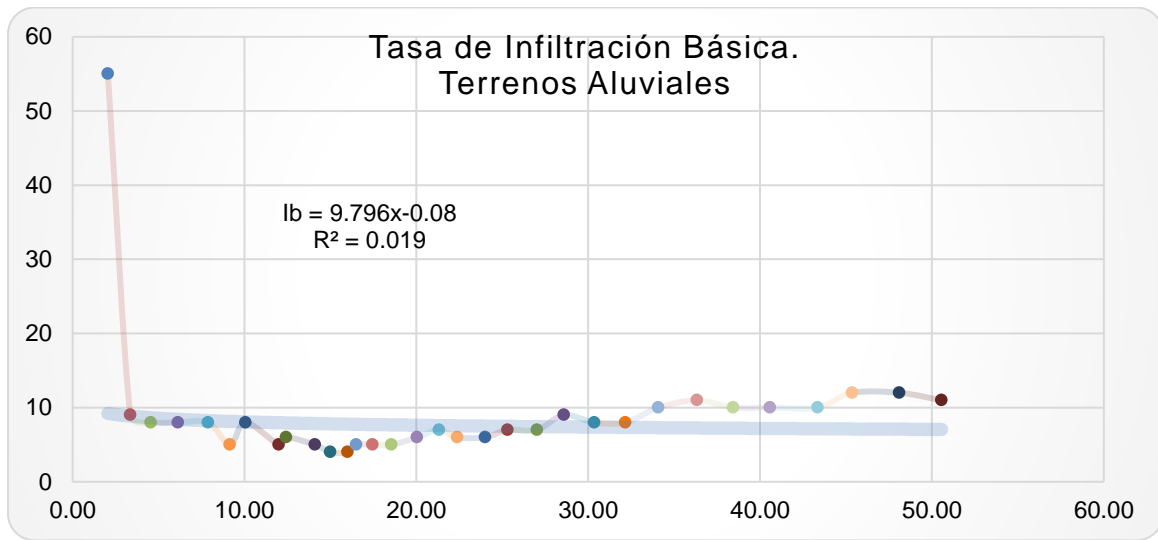
En los terrenos aluviales del valle y sus márgenes, la infiltración es muy intensa, por la textura arenosa de los terrenos, apenas impedida por un horizonte superficial afectado por la actividad agrícola y pecuaria. El área de estos terrenos es de aproximadamente dos Kilómetros cuadrados (2 km²). La evaluación de las pruebas de infiltración por el Procedimiento de Kostiakov permite encontrar la evolución de la infiltración. (Tabla 13 y 13).

Ilustración 11: Infiltración acumulada



Fuente: Recursos de Agua en la Comunidad Namasli. Con énfasis en los recursos de agua para consumo humano. Ing. Eddie M. y Asociados. Alcaldía de Jalapa.

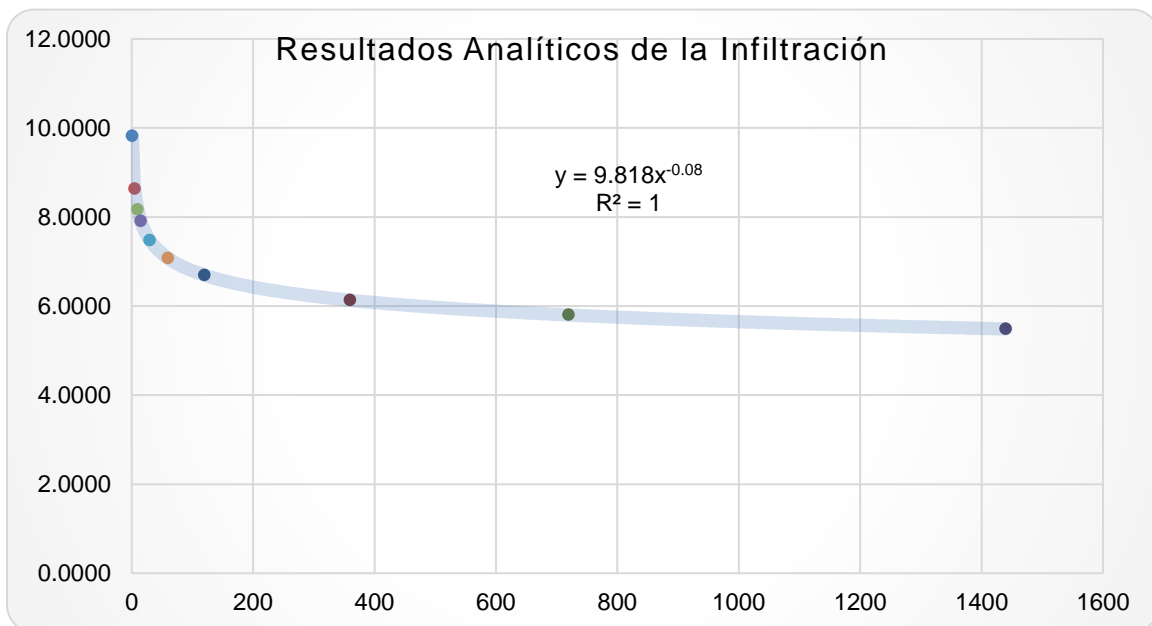
Ilustración 12: Tasa de infiltración



Fuente: Recursos de Agua en la Comunidad Namasli. Con énfasis en los recursos de agua para consumo humano. Ing. Eddie M. y Asociados. Alcaldía de Jalapa.

Los resultados analíticos obtenidos, indican una tasa básica de infiltración o infiltración en 24 horas, es de 5.4872³ mm.

Ilustración 13: Resultados analíticos de infiltración³

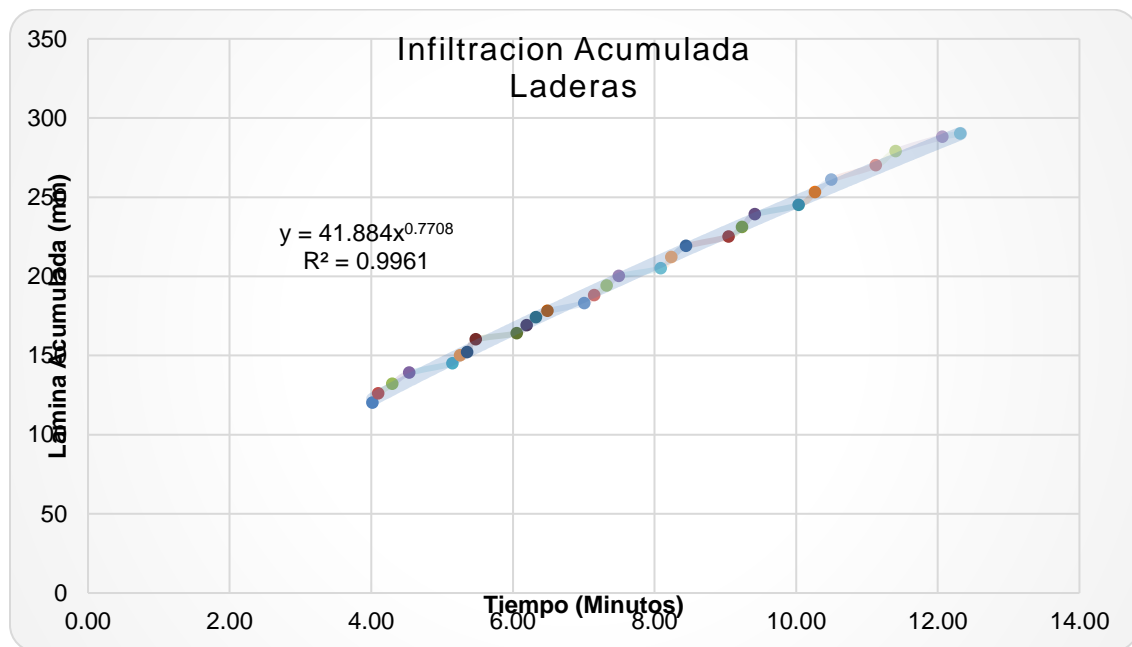


³ FUENTE; Recursos de Agua en la Comunidad Namasli. Con énfasis en los recursos de agua para consumo humano. Ing. Eddie M. y Asociados. (2013)

Con esta infiltración básica es posible aproximar la recarga de las aguas subterráneas desde estos terrenos, resultando un volumen anual de 4938.52 hm³/Año*Km², valor que multiplicado por el área de terrenos aluviales da un total 9877.04 hm³/año.

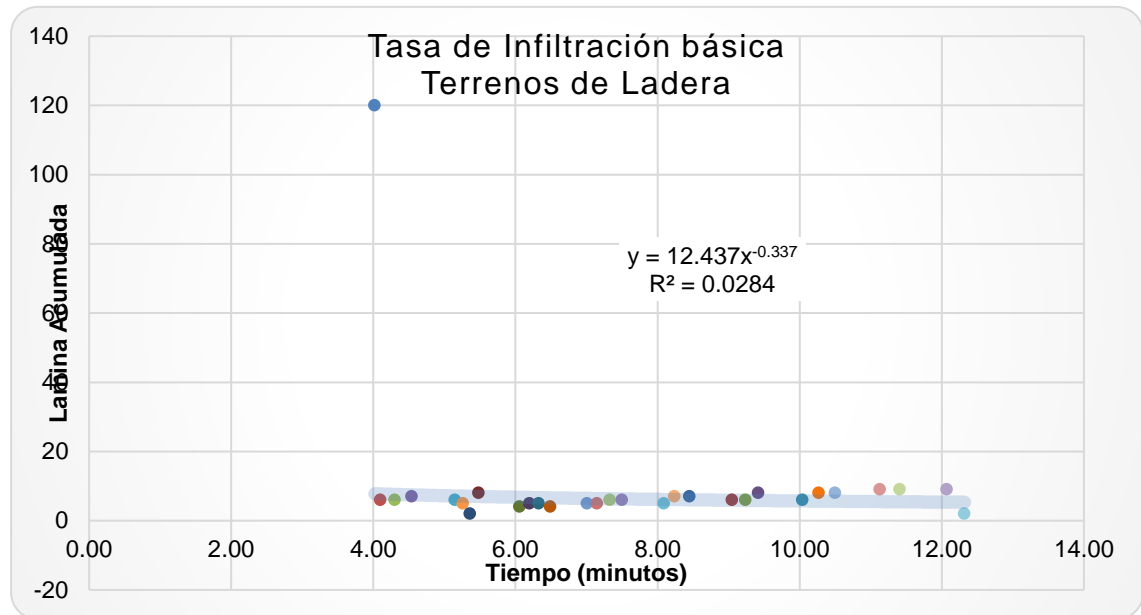
La evaluación de las tierras de ladera con 6.07 Km² de área, se realizó tomando como válida para toda la cuenca, la infiltración en las laderas dentro de Nicaragua. (Ilustración 14, Ilustración 15 e Ilustración 16)

Ilustración 14: Infiltración acumulada en Laderas



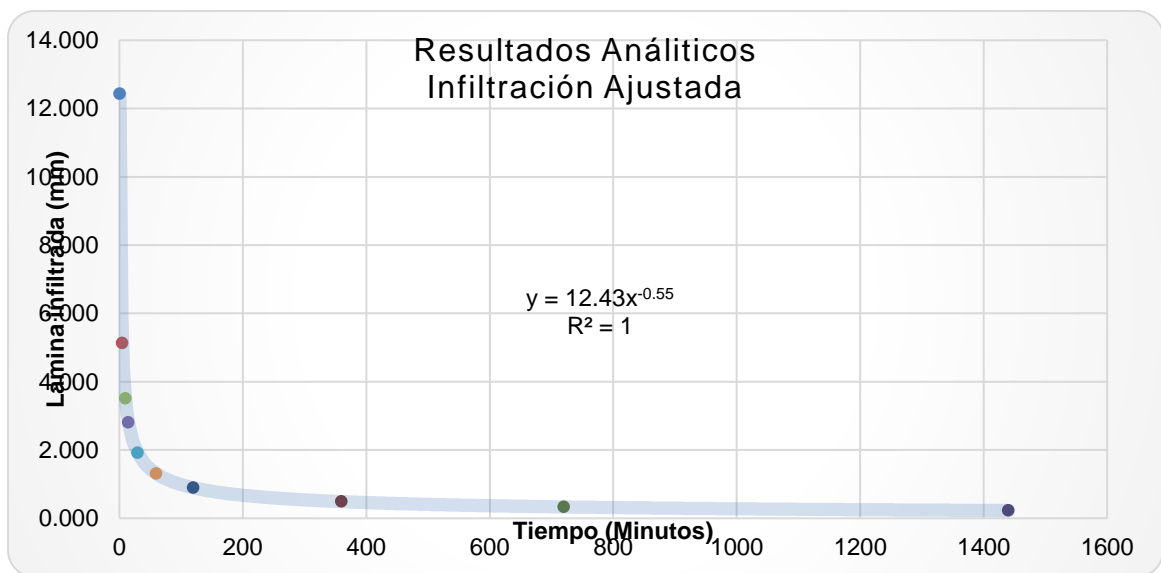
Fuente: Recursos de Agua en la Comunidad Namasli. Con énfasis en los recursos de agua para consumo humano. Ing. Eddie M. y Asociados. Alcaldía de Jalapa.

Ilustración 15: Tasa de infiltración en Laderas



Fuente: Recursos de Agua en la Comunidad Namasli. Con énfasis en los recursos de agua para consumo humano. Ing. Eddie M. y Asociados. Alcaldía de Jalapa.

Ilustración 16: Resultados Analíticos de Infiltración Ajustada



Fuente: Recursos de Agua en la Comunidad Namasli. Con énfasis en los recursos de agua para consumo humano. Ing. Eddie M. y Asociados. Alcaldía de Jalapa.

La tasa de infiltración básica de estos suelos es de 0.2277 mm en 24 horas. Con este resultado es posible encontrar que los suelos de la zona alta y media de la cuenca con un área de poco más de 6 km² y relieve pronunciado y rocas fracturadas subyacentes al suelo, aportan una pequeña cantidad de agua a la recarga del acuífero.

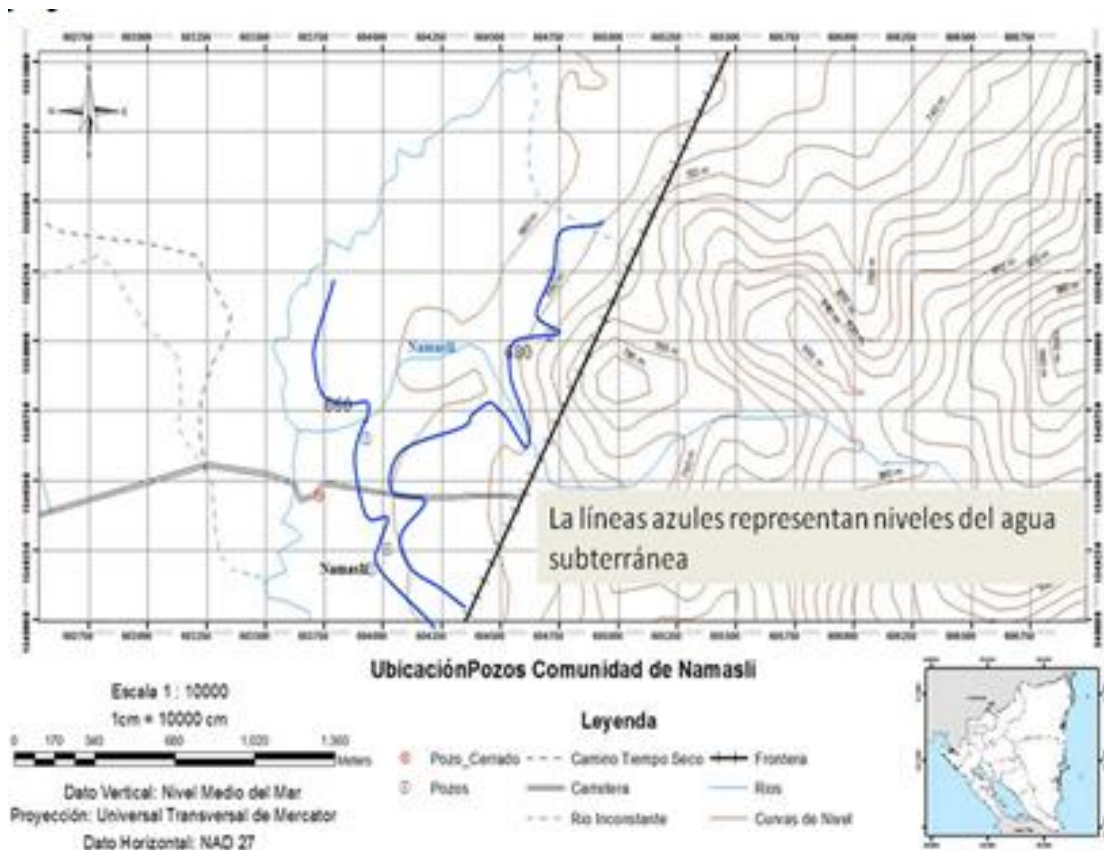
Resolviendo la recarga desde estos terrenos tenemos que en el año hidrológico pueden infiltrar unos 204.93 hm³/año*Km², sumando un total de 1229.60 hm³/año. La recarga total de las aguas subterráneas es de 11106.64 hm³/Año (Hectometros cúbicos al año).⁴

Analizando los resultados obtenidos, se ha encontrado que el conjunto geológico hace pensar en un acuífero aluvial en medio fallado, localizado por encima de los 600 msnm. Este acuífero se asocia con la estructura extensional citada con anterioridad (Ilustración 7: Mapa geológico de Namasli) y se ha construido sobre una estructura descendida que tiene rumbo N-30°-E. El piso de este acuífero tendría una inclinación (Buzamiento) hacia el Este-Sudeste. Custodio et al, señalan que, en los contactos entre diferentes estratos ocurren zonas de alta capacidad transmisiva. Esta aseveración fue comprobada en el terreno. El estrato de filitas grafitosas fuertemente fracturada que subyace a los paquetes aluviales está transmitiendo agua de manera sustantiva.

En los márgenes expuestos del contacto entre estos estratos ocurren las surgencias de agua subterránea. A partir de las surgencias naturales (Manantiales) y pozos ha sido posible identificar unas líneas piezométricas del agua subterránea cerca de los 660 msnm en los 680 msnm. Y que coincide con las obras de captación que fueron construidas con anterioridad y que fueron abandonadas.

⁴ FUENTE; Recursos de Agua en la Comunidad Namasli. Con énfasis en los recursos de agua para consumo humano. Ing. Eddie M. y Asociados. (2013)

Ilustración 17: Ubicación de pozos

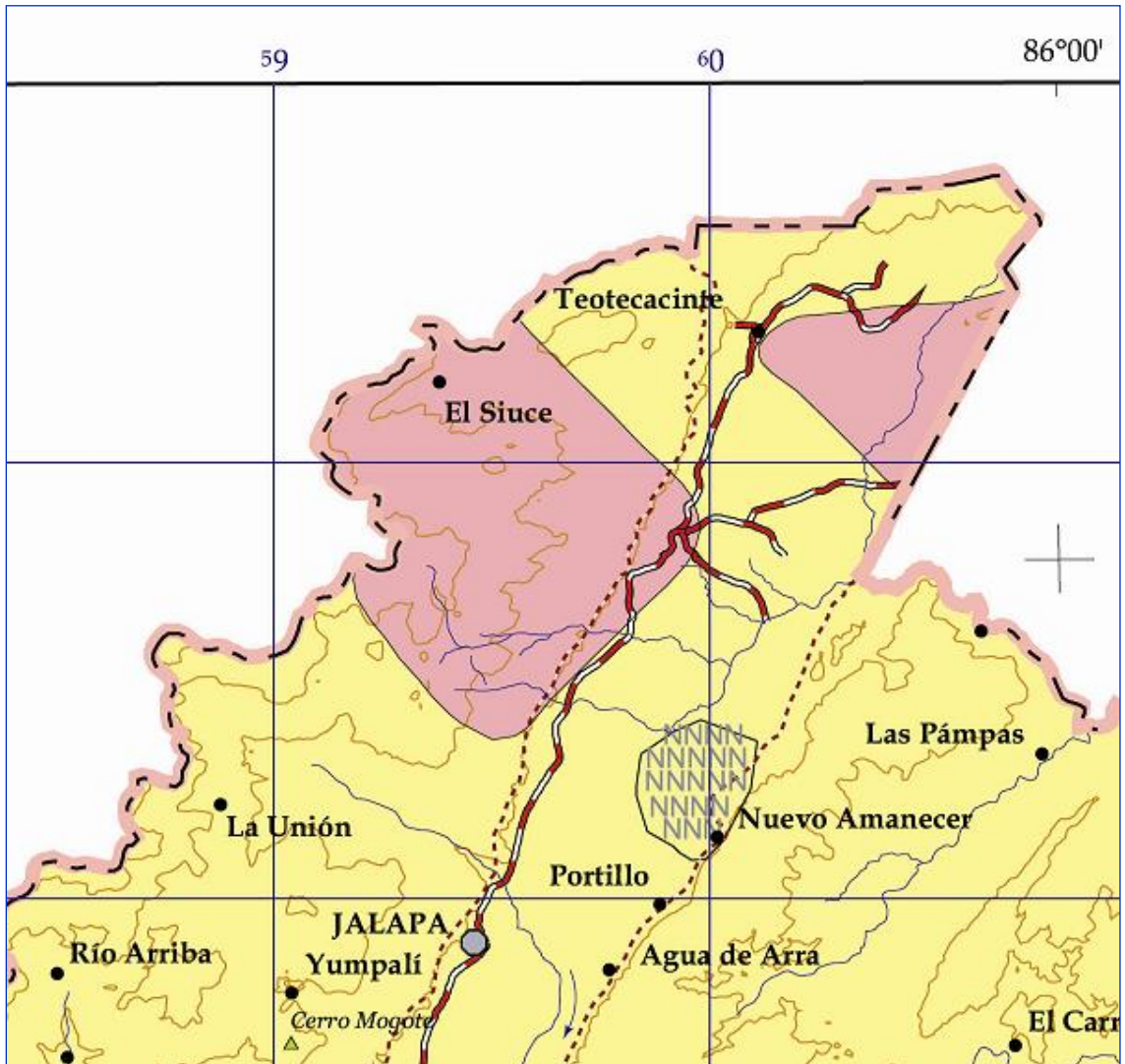


Fuente: Recursos de Agua en la Comunidad Namasli. Con énfasis en los recursos de agua para consumo humano. Ing. Eddie M. y Asociados. Alcaldía de Jalapa.

2.1.5 Calidad del Agua

La calidad del agua, desde una perspectiva meramente geológica y de su ocurrencia natural se toma desde lo que indica el mapa hidrogeoquímico del INETER. La clase hidroquímica de las aguas subterráneas, indica que son aguas bicarbonatadas cálcicas hasta cálcico magnésicas.

Ilustración 18: Geología de Jalapa



Fuente: INETER.

Son aguas de pH moderadamente ácido (entre 6 a 6.8) a moderadamente alcalinas (7 a 7.8). Su capacidad corrosiva de débil a moderada, son aguas suaves con un poco de dureza cálcica. Su composición iónica indicará un tiempo de residencia en el edificio geológico corto a moderado. Confirmando las observaciones de alta tasa de infiltración y flujos rápidos en el medio acuífero a través de fracturas y fallas. Un rasgo que les podrá distinguir será su moderado a **alto contenido de Sílice** disuelto por su interacción con los materiales parentales.

2.1.6 Sistema de agua existente

La fuente de agua es suministrada a través de la naciente de la Quebrada Namasli, en territorio hondureño. Este sistema fue construido en una época de escasa población en ambos lados de la frontera, lo que en la actualidad ha provocado falta de agua en la comunidad, racionamiento a dos veces por día, durante dos horas, siendo estos por la mañana y por la tarde.

Así mismo, la recopilación de información detallada del sistema actual no se encuentra disponible, ya que el sistema está a cargo de la administración hondureña, por ende, determinar el estado actual del tanque de almacenamiento y las tuberías no ha sido posible. Sin embargo, mediante las entrevistas realizadas a los pobladores, se constató que existe un programa de cobro mensual por el servicio de agua potable, del cual no se conocen registros y cuya cantidad monetaria es fluctuante.

CAPITULO III: MARCO TEÓRICO

3.1 Generalidades

3.1.1 Agua Potable

Se define como agua potable toda aquella que es apta para consumo humano, lo que quiere decir que es posible ser consumida sin que cause daños o enfermedades al ser ingerida y por lo tanto no representa ningún riesgo para la salud y que cumpla con los parámetros y normas establecidas por la ley o ente regulador en materia de salud pública.

3.1.2 Calidad del Agua

Calidad del agua se refiere a las características químicas, físicas, biológicas y radiológicas del agua. Es una medida de la condición del agua en relación con los requisitos de una o más especies bióticas o a cualquier necesidad humana o propósito.

Se utiliza con mayor frecuencia por referencia a un conjunto de normas contra las cuales puede evaluarse el cumplimiento. Los estándares más comunes utilizados para evaluar la calidad del agua se relacionan con la salud de los ecosistemas, seguridad de contacto humano y agua potable.

3.1.3 Elementos de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable

Un sistema de abastecimiento de agua potable tiene como finalidad primordial la de entregar a los habitantes de una localidad, agua en cantidad y calidad adecuada para satisfacer sus necesidades, por lo que este líquido es vital para la supervivencia y está compuesto por los elementos siguientes:

3.1.3.1 Fuentes de Abastecimiento

Las fuentes de agua constituyen el elemento primordial en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable y antes de dar cualquier paso es necesario definir su ubicación, tipo, cantidad y calidad. De acuerdo con la ubicación y

naturaleza de la fuente de abastecimiento, así como a la topografía del terreno, se consideran dos tipos de sistemas: los de gravedad y los de bombeo

3.1.3.1.1 Tipos de Fuentes

Los tipos de fuentes son las Convencionales (agua superficial y aguas subterráneas) y las no convencionales (aguas atmosféricas, de mar y agua residual). Con fines de sistemas de abastecimiento de una comunidad las más comunes son las convencionales:

- **Aguas Superficiales:** Son aquellas que se encuentran circulando o en reposo sobre la superficie de la tierra. Estas masas de agua son las que forman los ríos, arroyos, quebradas, lagos, lagunas, pantanos, charcas, humedales y otros similares, sean naturales o artificiales. El agua superficial es la proveniente de las precipitaciones, que no se infiltra ni regresa a la atmósfera y la que emana de manantiales o nacimientos de agua que se originan de las aguas subterráneas.
- **Agua Subterránea:** Es el agua que se encuentra por debajo de la superficie del suelo específicamente en la zona de saturación contenida en acuíferos en distintos estados y relaciones de composición con la parte sólida y gaseosa. Representa una fase muy importante del ciclo hidrológico ya que la mayor parte del flujo en corrientes permanentes de agua proviene de aguas subterráneas. A su vez una parte del flujo en corrientes intermitentes puede filtrarse bajo la superficie.

3.1.3.2 Captación

Un sistema de captación de agua está constituido por una serie de estructuras construidas en las fuentes de abastecimiento con el fin de derivar un caudal de agua para recolectar y almacenar y de esta forma abastecer a una población determinada. Como en Nicaragua la mayoría de las fuentes de abastecimiento de agua potable son subterráneas y específicamente las fuentes utilizadas en la comunidad de Namasli son las mismas, se abordará este tipo de captación.

Una captación de agua subterránea es toda aquella obra destinada a obtener un cierto volumen de agua de una formación acuífera concreta, para satisfacer una determinada demanda.

El tipo de obra a emplearse es en función de las características de la fuente, de la calidad, de la localización, y su magnitud. La elección del tipo de captación será de pozo profundo.

3.1.3.2.1 Pozos

Es una captación directa de agua que consiste en una perforación vertical, generalmente en forma cilíndrica y de diámetro mucho menor que el de la profundidad, el agua penetra a lo largo de las paredes creando un flujo radial. Están debidamente diseñados y contruidos que permite efectuar la extracción económica de un acuífero subterráneo.

Según en a que profundidad se encuentre el agua se puede distinguir también dos tipos de pozos:

- Pozos Superficiales: Son pozos que habitualmente se realizan de hormigón prefabricado en los casos en que los terrenos excavados se encuentran muy sueltos. Por el contrario, pueden realizase con piezas circulares metálicas en el caso de los suelos rocosos. El agua en este caso puede entrar por la parte inferior (fondo) o bien lateralmente. El diámetro del pozo depende de los caudales máximos demandados por el pozo.
- Pozos Profundos: Son pozos en los que es necesario descender a profundidades superiores a los 50 metros para alcanzar los acuíferos subterráneos. Los pozos profundos se construyen utilizando tubos de acero perforado que se construyen en el terreno. Los diámetros de estos pozos oscilan entre los pocos centímetros y un metro, dependiendo de los caudales de bombeos esperados. Para excavar dichos pozos es necesario emplear sistemas de rotación, de percusión o sistemas mixtos.

3.1.3.3 Estación de Bombeo

Las estaciones de bombeo son estructuras destinadas a elevar un fluido desde un nivel energético inicial a un nivel energético mayor, se utilizan cuando la fuente de captación de agua potable se encuentra en un nivel más bajo de la red de distribución, por lo tanto, se hace necesario elevar el agua a un nivel más alto, donde se ubican los tanques de almacenamiento y distribución para que luego el agua llegue por gravedad a la población.

Las estaciones de bombeo están compuestas por un conjunto de equipos, y estructuras necesarias para el buen funcionamiento de la unidad de bombeo, entre los principales tenemos:

- ✓ Motores
- ✓ Fundaciones
- ✓ Casetas
- ✓ Válvulas y accesorios

En los sistemas de Abastecimiento de Agua Potable los Equipos de Bombeo tienen usos muy importantes:

- ✓ Redes de abastecimiento de agua potable, donde su uso es casi obligatorio, salvo en situaciones de centros poblados próximos de cadenas montañosas, con manantiales situados a una cota mayor.
- ✓ Para elevar el agua parcialmente en el sistema mismo, cuando las presiones mínimas no alcanzan los especificados por las normas.
- ✓ Para elevar el agua hacia un tanque de almacenamiento, para distribuir el agua hacia la red.

Los equipos de bombeo que generalmente se emplean para pozos perforados son los de turbina de eje vertical y sumergible, para su elección deben tomarse en cuenta los siguientes factores:

- ✓ Nivel de bombeo de acuerdo con los resultados de las pruebas de bombeo efectuada al pozo.

- ✓ Variaciones estacionales o niveles del agua subterránea en las estaciones seca y lluviosa.
- ✓ El diámetro del ademe del pozo, el cual debe estar relacionado al caudal a extraerse.
- ✓ El diámetro de la columna de bombeo dentro del pozo acoplada a la bomba será diseñado para una pérdida de fricción no mayor del 5% de su longitud, por lo cual se recomiendan los diámetros para columnas de bombeo con relación al caudal.
- ✓ Curvas características de las bombas.
- ✓ Golpe de ariete.

3.1.3.3.1 Carga Total Dinámica

La carga total dinámica para pozos perforados se calcula aplicando la siguiente fórmula:

C.T.D = (Nivel de Rebose menos nivel de terreno del tanque) más (Nivel de Bombeo) más (Perdidas en la succión) más (Perdidas en la descarga).

3.1.3.3.2 Potencia Requerida

La potencia neta requerida del motor estará regida por: La potencia neta demandada por la bomba, las pérdidas por fricción mecánica en rotación del eje y por las pérdidas en el cabezal de descarga.

Las pérdidas por fricción en el eje, para $v = 1760$ rpm y/o $\frac{3}{4}$ ", $1 \frac{1}{2}$ " varían entre 0.30 y 1.15 HP/100' de columna. Se tiene por norma usar un factor de 1.15 para calcular los HP del motor en base a los HP de la bomba. Este factor cubre ampliamente las pérdidas mecánicas por fricción en el eje y cabezal de descarga de la bomba. Para determinar la potencia hidráulica de la bomba se usará la siguiente fórmula:

Potencia de la Bomba

$$P_B = \frac{Q * C.T.D.}{3960}$$

Dónde:

- ✓ PB: Potencia de la Bomba (HP).
- ✓ Q: Caudal de Bombeo o Consumo de Máximo Día (gpm).
- ✓ C.T.D: Carga Total Dinámica (Pies).

3.1.3.3.3 Velocidad de Operación

Se acostumbra a usar la misma velocidad de operación de la bomba, y de ser posible se solicita que su velocidad no sobrepase los 1800 rpm, pero cuando no es posible se utiliza un máximo de 3450 rpm.

3.1.3.4 Línea de Conducción

Se denomina línea de conducción a la parte del sistema constituida por el conjunto de conductos, estructuras de operación, de protección y accesorios especiales destinados a transportar el agua desde el lugar de la captación hasta el sitio de entrega. Las aguas captadas a ser conducidas y distribuidas a la población se pueden transportar por gravedad o bombeo; a través de canales abiertos o conductores cerrados a presión dependiendo de la topografía del terreno.

3.1.3.4.1 Línea de Conducción por Gravedad

Una línea de conducción por gravedad debe aprovechar al máximo la energía potencial disponible para conducir al gasto deseado. Esto conduce a la selección del diámetro mínimo, que satisfaciendo razones técnicas (Capacidad) permita presiones iguales o menores que la resistencia física del material.

3.1.3.4.2 Línea de Conducción por Bombeo

En el caso de líneas de conducción por bombeo la diferencia de elevación es carga a vencer. Esta carga se ve incrementada en función de la selección de diámetros menores ocasionando mayores costos de equipos y de energía.

3.1.3.4.3 Golpe de Ariete

Es un fenómeno transitorio que puede ocurrir en la tubería de descarga. Se denomina Golpe de Ariete al choque violento que se produce sobre las paredes de un conducto forzado, cuando el movimiento del líquido es modificado bruscamente.

El caso más importante de golpe de ariete en una línea de descarga de bombas accionadas por motores eléctricos se verifica luego de una interrupción de energía eléctrica.

En este caso debido a la inercia de las partes rotativas de los conjuntos elevadores, inmediatamente después de la falta de corriente, la velocidad de las bombas comienza a disminuir, reduciéndose rápidamente el caudal; la columna líquida continua subiendo por la tubería de descarga, hasta el momento en que la inercia es vencida por la acción de la gravedad; durante este periodo se verifica una descompresión en el interior de la tubería; enseguida, ocurre la inversión en el sentido del flujo y la columna líquida vuelve a las bombas.

No existiendo válvulas de retención, las bombas comenzarían, entonces, a funcionar como turbinas, girando en sentido contrario.

Con excepción de los casos en que la altura de elevación es pequeña, con descarga libre, en las líneas de bombeo son instaladas válvulas de retención o de check, con el objetivo de evitar el retorno del líquido a través de las bombas.

La corriente líquida, al retornar a la bomba, encontrando la válvula de retención cerrada, ocasiona el choque y la compresión del fluido, lo cual da origen a una onda de sobrepresión (Golpe de Ariete). Las medidas para evitar el Golpe de Ariete son:

- ✓ Limitación de la velocidad en las tuberías.
- ✓ Cierre lento de válvulas y registros, construcción de piezas que no permitan la obstrucción muy rápida.
- ✓ Empleo de válvulas y dispositivos mecánicos especiales, válvulas de alivio.

- ✓ Utilización de tuberías que puedan soportar sobrepresiones ocasionadas por el golpe de ariete.
- ✓ Instalación de cámaras de aire comprimidas que proporcionen el amortiguamiento de los golpes. El mantenimiento de estos dispositivos requiere ciertos cuidados, para que se mantenga el aire comprimido en las cámaras.

3.1.3.5 Red de Distribución

Una red de distribución es el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde tanques de almacenamiento hasta las tomas domiciliarias o hidrantes públicos; con el fin de proporcionar agua a los usuarios para consumo doméstico, público, comercial, industrial y para condiciones extraordinarias como el extinguir incendios.

La red de distribución está formada por tubería principal, llamada también circuitos troncales o maestras y por tuberías secundarias o de relleno. Las conducciones primarias o arterias principales forman el esqueleto del sistema de distribución, se sitúa de tal forma que transporta grandes cantidades de agua desde la estación elevada a los depósitos y de estos a las diferentes partes del área abastecida. Las conducciones secundarias forman anillos más pequeños dentro de las arterias principales entrelazándolas entre sí, transportando grandes cantidades de agua desde las arterias principales a las diferentes áreas para cubrir el suministro normal y el caudal para extinción de incendios.

La red de distribución tiene las funciones de suministrar agua a los diferentes consumidores en cantidad suficiente y entregar un agua sanitariamente segura.

3.1.3.6 Almacenamiento

Los tanques de almacenamientos juegan un papel básico para el diseño del sistema de distribución de agua, así como su importancia en el funcionamiento hidráulico del sistema y en el mantenimiento de un servicio eficiente, continuo, oportuno, satisfactorio y económico a la población, pues debe reservar una

cantidad de agua suficiente para cubrir cualquier eventualidad del sistema, tal como falta de energía en el equipo de bombeo, o reparaciones del mismo, incendios, y variaciones de consumo.

Un tanque de almacenamiento cumple tres propósitos fundamentales:

- ✓ Compensar las variaciones de consumo diario (durante el día).
- ✓ Mantener las presiones de servicio en la red de distribución.
- ✓ Atender situaciones de emergencia, tales como incendios, interrupciones en el servicio por daños de tubería de conducción o de estacionamiento de bombeo.

Además, equilibra el suministro de aportación constante dado por las bombas con régimen de demanda variable en la red de distribución. Esto se consigue almacenando agua durante la noche cuando el consumo es bajo y la presión es alta, a esta agua almacenada se le conoce como Volumen Compensador.

Existen dos tipos de tanques para agua tratada:

- ✓ Tanques apoyados en el suelo.
- ✓ Tanques elevados.

Para la ubicación del tanque se debe buscar un sitio adecuado topográficamente lo más cerca posible a la red de distribución y de acuerdo con su ubicación el tanque de almacenamiento puede ser de Alimentación cuando se ubica entre la fuente de abastecimiento y la red de distribución, o de Excedencia (cola), cuando se ubica dentro o fuera de la red.

3.1.3.7 Tratamiento y desinfección

El suministro de agua potable para el sector rural procedente de fuentes superficiales, sean estas pequeños ríos o quebradas, o afloramientos de agua subterráneas como los manantiales, pueden presentar características físico-químicas y bacteriológicas no aptas para el consumo humano, esto implica que se requiere de una serie de procesos unitarios con el objeto de corregir su calidad y convertirla en agua potable acorde con las normas establecidas.

Si la calidad del agua no satisface las normas recomendadas deberá someterse a un tratamiento de potabilización. Toda agua que se utiliza para consumo humano debe de someterse a desinfección, incluso la de origen subterráneo para prevenir cualquier contaminación durante su distribución.

En Nicaragua casi todos los sistemas de abastecimiento que desinfectan el agua potable usan cloro debido a su potencia germicida, economía y eficiencia. Además, los desinfectantes basados en cloro son los únicos con las propiedades residuales duraderas que previenen el recrecimiento microbiano y proporcionan protección continua durante la distribución de la planta de tratamiento al hogar.

3.2 Población y Consumos

3.2.1 Periodo de diseño

En los diseños de proyectos de Abastecimiento de Agua se recomienda fijar la vida útil de cada uno de los componentes del sistema, con el propósito de:

- ✓ Determinar que periodos de estos componentes del sistema deberán satisfacer las demandas futuras de la comunidad.
- ✓ Que elementos del sistema deben diseñarse por etapas.
- ✓ Cuáles serán las previsiones que deben de considerarse para incorporar los nuevos elementos del sistema.

3.2.2 Población de diseño

La población a servir es el parámetro básico, para dimensionar los elementos que constituyen un sistema de agua potable.

La metodología generalmente aplicada, requiere la investigación de las tasas de crecimiento histórico, las que sirven de base para efectuar la proyección de población.

Si no se dispone de datos de población al inicio del periodo de diseño, deberá efectuarse un censo poblacional por medio de los representantes comunitarios o promotores sociales, previamente entrenados. Conviene conocer la tasa de

crecimiento histórico nacional, para compararla con la obtenida en cada caso particular

3.2.3 Consumo

Es el suministro de agua potable utilizado para cubrir las necesidades de los habitantes, en el cual no se toma en consideración las pérdidas del sistema. Está expresado como factores de la demanda promedio diario y las unidades de medidas ocupadas son l/s o m³/s. El consumo puede ser doméstico, no doméstico (dividido en industrial y comercial) y público. Se puede obtener el dato directamente de las mediciones en la toma domiciliaria.

3.2.4 Demanda

Es la cantidad de agua requerida en las tomas para consumo de una localidad o área de proyecto, considerando los diferentes usuarios (domésticos, comerciales, industriales, turísticos, entre otros) que ahí tiene lugar, sumando las perdidas físicas del sistema.

3.2.5 Dotación

La dotación es la cantidad de agua necesaria para un habitante durante un día, y está en dependencia de: el nivel de servicio adoptado, factores geográficos, factores culturales y el uso del agua. Las unidades de medida usadas son de lppd (litro por persona por día).

3.2.6 Nivel de Servicio

Se denominan tres tipos de nivel de servicio según la capacidad de la fuente de abastecimiento:

3.2.6.1 Conexión Domiciliar de Patio

Reciben el servicio individualmente en sus viviendas, por medio de conexiones domiciliarias conectadas a una red pública. Esta puede estar ubicada fuera de la vivienda (un punto de agua al exterior de la vivienda).

3.2.6.2 Conexiones Domiciliarias

Es la instalación que se deriva de la tubería de la red de distribución de agua y termina dentro del predio del usuario alimentando varios artefactos sanitarios.

3.2.6.3 Puestos Públicos o Multifamiliares

Reciben el servicio a través del acceso de pequeñas fuentes de abastecimientos de agua de uso exclusivo, o a partir de piletas publicas abastecidas por una red. Las familias deben trasportar el agua hasta su domicilio.

3.2.7 Perdidas

Los desperdicios que se producen en los sistemas de abastecimiento de agua potable constituyen a la pérdida del flujo mediante fugas en la línea de descarga, línea de conducción, tanque de almacenamiento y red de distribución. Estas pérdidas son expresadas en porcentaje del consumo promedio diario, siendo fijado en 20% para Nicaragua.

3.2.8 Caudales de diseño

El consumo del agua en un sistema de abastecimiento no es constante durante un día y mucho menos durante un año. Es por eso que es indispensable el cálculo del Consumo Máximo Día y el Consumo de Máxima Hora, para los cuales se usan factores o coeficientes de variación diario y horario respectivamente.

3.2.8.1 Consumo promedio diario

Es la cantidad de agua que se requiere para la satisfacción de las necesidades de una población en un día de consumo promedio.

3.2.8.2 Consumo de máximo día y máxima hora

El consumo de máximo día y el consumo de máxima hora son los gastos requeridos para la satisfacción de las necesidades de la población en un día de

máximo consumo y en una hora de máximo consumo respectivamente, ambos en un año típico.

3.2.9 Velocidades y presiones máximas y mínimas

Los límites de la velocidad del agua son determinados en función del material con el que está construido las tuberías y la sección de las mismas. El valor mínimo de la velocidad se establece para evitar la sedimentación y la formación de depósitos en la tubería y el límite máximo mantiene a la tubería sin erosionarse y a su vez, sin producir fenómenos importantes de golpe de ariete.

Las presiones en un sistema de abastecimiento de agua potable están en dependencia de la rugosidad del material de la tubería.

3.3 Accesorios y obras complementarias

3.3.1 Válvulas de pase

Deberán espaciarse de tal manera que permitan aislar tramos máximos de 400 metros de tuberías, cerrando no más de cuatro válvulas. Serán instaladas siempre en las tuberías de menor diámetro y estarán protegidas mediante cajas metálicas subterráneas u otras estructuras accesibles especiales.

3.3.2 Válvulas de limpieza

Estos dispositivos permitirán la descarga de los sedimentos acumulados en las redes. Deberán instalarse en los puntos extremos y más bajos de ellas.

3.3.3 Válvulas reductoras de presión y cajas rompe presión

Deberán diseñarse siempre y cuando las condiciones topográficas de la localidad así lo exijan.

CAPÍTULO IV. METODOLOGIA

4.1. Estudios Básicos

En esta primera fase se llevó a cabo la ejecución de estudios básicos como la recopilación de información existente, topografía, censo poblacional, estudio hidrogeológico y de calidad de aguas, estudios de oferta y demanda de agua potable.

4.1.1. Recopilación de información

Se recopiló toda la información del área en estudio, referente al estudio demográfico (INIDE) y alcaldía, tipos de suelos, topografía, nivel socioeconómico, salud, estudio hidrogeológico del acuífero. Además, se visitaron las instituciones correspondientes como son Alcaldía Municipal de Jalapa, ENACAL, INETER, INIDE, FISE.

4.1.2. Levantamiento topográfico

El terreno de la comunidad Namasli va de plano a ligeramente ondulado con algunos terrenos de fuerte pendiente hacia el norte y este. Después de una verificación visual de la zona, se pudo comprobar la tendencia hacia terrenos planos, pero también, aunque en menor incidencia, accidentados y montañosos (relieve típico de la zona norte del país).

El levantamiento topográfico de la comunidad fue proporcionado, en hojas de cálculo, por la Alcaldía Municipal de Jalapa, que previamente se encargó de contratar al personal calificado para dicha tarea, lo cual nos permite concluir que la información fue revisada y es confiable para poder hacerla parte del presente estudio de abastecimiento.

El levantamiento se llevó a cabo con un teodolito y los resultados fueron calculados en base a un BM: 669. Se efectuó replanteo en algunos puntos específicos como en los predios de pozos y tanques de almacenamiento de agua potable para verificar la información existente en los planos.

4.1.3. Sondeos Manuales

Se realizarán 3 sondeos manuales en la Red de Distribución, con el objetivo de conocer el tipo de terreno, para el cálculo de instalación de la tubería.

4.1.4. Censo poblacional

Se investigó la población de los censos de INIDE, Alcaldía Municipal de Jalapa y ENACAL con el objetivo de proyectar la población según una tasa geométrica resultante o recomendada por INIDE, que al mismo tiempo cumpla con las Normas definidas por el INAA.

4.1.5. Encuesta Socioeconómica

Para la realización de la encuesta, se calculó una muestra de la población, resultando ser esta de 452 habitantes según la fórmula propuesta.

4.1.6. Estudio Hidrogeológico y de Calidad de Aguas

Se revisaron los estudios Hidrogeológicos y de Calidad de Aguas realizados por Ing. Eddie M. y Asociados a petición de la Alcaldía de Jalapa, y a partir de estos se diseñó el pozo necesario para atender la demanda futura hasta el año 2039 de la población.

4.2. Estudios de gabinete

Se estableció el tipo de sistema de abastecimiento de agua potable como un Mini acueducto por Bombeo Eléctrico, se valoraran dos tipos: Línea Fuente-Tanque-Red y Línea Fuente-Red-Tanque.

Con los datos poblacionales, obtenidos del censo realizado por la Alcaldía y los estudios básicos realizados, se adoptarán criterios de diseño establecidos en las Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua (NTON 09003-99), brindadas por INAA, ente regulador del sector de agua potable y alcantarillado sanitario.

Es importante mencionar que el estado físico de la mayor parte de los elementos que conforman el sistema de abastecimiento de agua potable existente (tuberías, accesorios, tanques de almacenamiento), se encuentran en mal estado, por lo que no se tomaron en cuenta para el nuevo sistema.

4.2.1. Oferta y demanda de agua

Con los estudios hidrogeológicos obtenidos de la Alcaldía y para los datos de dotación se utilizaron las Normas Técnicas Obligatorias Nicaragüense (NTON 09001-99), de modo que cada vivienda cuente con una llave domiciliar única colocada en el patio de la propiedad.

4.2.1.1 Periodo de diseño

Con el objetivo de incorporar todos los escenarios existentes y brindar un funcionamiento adecuado, se determinó el periodo de diseño en 20 años.

4.2.1.2 Población futura

Para determinar la población de diseño se utilizó el método geométrico, que uno de los métodos más utilizados en Nicaragua aplicable a zonas que no han alcanzado un desarrollo urbano, como es la comunidad de Nasmalí. Para la aplicación de este método hay que comenzar por calcular la tasa de crecimiento poblacional (r_g), tomando como punto de partida los censos poblacionales obtenidos.

$$r_g = \left[\left(\frac{p_f}{p_o} \right)^{1/n} - 1 \right] * 100$$

$$P_d = P_0(1 + r_g)^n$$

Dónde:

P : Población Futura

P_0 : Es la Población actual o anterior

r_g : Tasa de Crecimiento Geométrico.

4.2.1.2.1 Datos de población históricos

La población meta al año 2005 se componía de 368 habitantes que se albergaban en 84 casas para un número de habitantes por casa de 4.38. En el año 2013, de acuerdo con el registro de población servida por el acueducto que lleva el comité de agua potable y saneamiento (CAPS), existían más de 115 conexiones (casas) y una población de más de 1200 habitantes.

De acuerdo con los datos brindados en los informes del INIDE, de 1997 y del censo nacional 2005, el municipio de Jalapa contaba con 46,583 y 54,491 habitantes, respectivamente.

Para efecto de calcular la población futura, se utilizarán los datos poblaciones históricos municipales, dada la inexistencia de datos fiables a nivel comunal.

4.2.1.2.2 Tasa de crecimiento

Si se evalúa desde la población municipal, se obtiene que la población urbana ha iniciado una declinación en su tasa de crecimiento, mientras la población rural del municipio tiende a incrementar su velocidad de crecimiento. Esto se pone de manifiesto muy claramente con el registro de población servida por el acueducto que lleva el comité de agua potable y saneamiento (CAPS), con una población de más de 1200 habitantes resultando una tasa de 14.792%, un crecimiento de la población realmente extraordinario.

Es por eso que, se procedió a proyectar la población del año 2005 con una tasa de crecimiento mínima de diseño del 2.5% cumpliendo con la norma NTON 09001-99, resultando una población de 520 habitantes. Dicha tasa de crecimiento se eligió en base a los informes proporcionados por el INIDE que contienen datos a nivel municipal, o sea de la ciudad de Jalapa.

4.2.1.3 Estimación de Consumo

4.2.1.3.1 Dotación y nivel de servicio

De acuerdo con las características de la comunidad y según los parámetros de los cuales depende el tipo de dotación, se determinó diseñar la red de distribución por medio de conexiones de patio. Para los cuales la dotación asignada, según la NTON 09001-99, debe estar entre 50 y 60 lppd. Para una población servida directamente, del 100% en todo el período de diseño.

4.2.1.3.2 Variaciones de Consumo

Ahora bien, para efectos de calcular el consumo promedio diario, consumo de máximo día y máxima hora, se proyectó la población de 520 habitantes para el periodo de diseño anteriormente definido.

- ✓ Consumo promedio diario (CPD)= Población * Dotación
- ✓ Consumo máximo día (CMD)= 1.5 CPD + Qf
- ✓ Consumo máximo hora (CMH)= 2.5 CPD + Qf.
- ✓ Perdidas (Qf)= 0.2 CPD

4.2.2 Fuente de abastecimiento

Se utilizaron los estudios hidrogeológicos existentes de la Alcaldía para verificar la oferta de agua y en base a ello, se realizaron propuestas de la fuente a utilizar.

Aunque en la comunidad de Namasli, existen diversas alternativas de explotación para la fuente de abastecimiento de un sistema de agua potable, incluyendo aguas de tipo superficial como también subterráneas, se propuso la perforación de un pozo profundo.

Según el estudio hidrogeológico de la comunidad, existe una formación acuífera en un paquete de materiales aluviales y coluviales, de más de 40 metros de espesor, sobre la cota de los 600 msnm. El sistema está gobernado por fallas extensionales (normales) que conectan la zona de recarga, en territorio de Honduras, por un sistema de microestructuras que se evidencian superficialmente

a través de manantiales y ojos de agua dispersos en los márgenes del Río Poteca, concordantes con bloques que tienen indicios de desplazamiento vertical con rumbo N-35°-E.

Dentro de las aguas superficiales, se distinguen las aguas del Río Poteca. Este, en términos de cantidad y cercanía es la opción más viable, sin embargo, demanda mayores costos de operación ya que se cree presenta parámetros fisicoquímicos por encima de los límites permitidos según las normas y por ende requiere de la construcción de una planta de potabilización con tecnología adecuada, con el fin de brindarle a la población un servicio constante, pero sobre todo de calidad, que no ponga en riesgo la salud y la vida de sus habitantes.

A pesar de lo descrito anteriormente, se determinó que la mejor opción es disponer de las aguas subterráneas, es decir, una captación por excavación de sondeo vertical en la propiedad de Don Taurino (1549253, 604020). Este sitio tiene la ventaja de estar en el medio de la comunidad, accesible en todo tiempo y a escasos 35 metros de la red de energía.

Dada la inexistencia de obras de captación mediante pozo perforado en estos terrenos, la verificación de esta capacidad será establecida mediante prueba de bombeo en la obra a construir.

4.2.3 Obra de captación

Al proponerse la utilización de las aguas subterráneas de la comunidad, el sistema a diseñar constará de un pozo perforado de 12" de diámetro, cuya perforación debe ser realizada hasta penetrar completamente la formación y los paquetes de la roca base, ejecutándose cuidadosamente para no provocar el derrumbe de los paquetes aluviales (arena y limo), esto de acuerdo con los resultados obtenidos en el informe hidrogeológico.

4.2.4 Diseño hidráulico del sistema

Se llevó a cabo el diseño hidráulico del sistema de agua potable, una vez determinada la dotación de agua, Población de diseño y la demanda de agua para un periodo de diseño de 20 años, se dimensionaron los siguientes elementos:

4.2.4.1. Estación de bombeo

La estación de bombeo estará ubicada en el pozo de profundidad, de 200 pies y estará conformada por un equipo de bombeo, una caseta de mantenimiento y control, con un área total de 13m² de mampostería. Desde esta caseta se regularán los procesos de cloración y sistema eléctrico, y estará ubicada dentro de la propiedad donde se pretende perforar el pozo.

Con respecto al equipo de bombeo nuevo a instalarse se tomaron en cuenta las características de la fuente, ubicación del almacenamiento, el sistema de distribución y la demanda de agua. Los cálculos de la estación se realizaron según fórmulas siguientes:

4.2.4.1.1 Características de la succión

Diámetro

$$Q = V * A$$

Según las normas del INAA.

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V}}$$

4.2.4.1.2 Diámetro interno de la tubería de descarga

De acuerdo con la fórmula de Bresse, que relaciona directamente el diámetro de la tubería con el caudal de diseño:

$$D = 0.9(Q_{diseño})^{0.45}$$

El caudal de diseño corresponde al caudal de máximo día (CMD) calculado a partir de la estimación de consumos. Además, se tomó en cuenta la velocidad del flujo entre 0.60 –1.5 m/s, máximo de 2 m/s.

4.2.4.1.3 Carga total dinámica

La carga total dinámica es aquella contra la cual se debe operar una bomba. La energía por unidad de peso de líquido que debe suministrarle la bomba al mismo para que pueda realizar el trabajo que pretende. La fórmula está dada por:

$$CTD = NB + CED + hf_{columna} + hf_{desc.}$$

En donde:

- ✓ CTD: Carga total dinámica
- ✓ NB: Nivel más bajo del agua durante el bombeo
- ✓ CED: Carga estática de la descarga
- ✓ $hf_{columna}$: Pérdidas de la columna dentro del pozo
- ✓ $hf_{desc.}$: Pérdidas en la descarga

- **Nivel más bajo del agua durante el bombeo (NB)**

$$NB = NEA + Variaciones estacionales + Abatimiento$$

- **Carga estática de la descarga (CED)**

$$CED = Nivel\ del\ agua\ en\ la\ descarga - Nivel\ más\ bajo\ en\ la\ superficie$$

- **Pérdidas de la columna dentro del pozo ($hf_{columna}$)**

La NTON 09001-99, establece que las pérdidas por fricción en la columna de bombeo se consideran igual al 5% de su longitud.

$$hf_{columna} = 5\% L_c$$

$$L_c = NB + Sumergencia$$

- **Pérdidas en la descarga ($hf_{desc.}$)**

Para determinar las pérdidas en la descarga se necesita conocer las perdidas localizadas en los accesorios como longitud equivalente de tubería Le , que es una longitud que depende de los elementos contenidos en la sarta.

$$L_{real} = L_{tubería} + Le_{equiv}$$

Por ende, la carga total dinámica es igual:

$$CTD = NB + CED + hf_{columna} + hf_{desc.}$$

Dónde:

CTD = Carga Total dinámica (m)

NB = Nivel de bombeo. (m)

CED = Carga estática de la descarga (m)

- **Potencia requerida**

Conociendo la altura a vencer por la bomba y el caudal que debe suministrar la misma ($Q_{diseño}$), se selecciona de entre los equipos ofrecidos por catálogo aquel modelo que presente una curva característica que trabaje en un rango de altura y caudal lo más parecido posible a los valores calculados. Del catálogo se obtienen las especificaciones de la bomba seleccionada.

$$P_B = \frac{Q * CTD}{3960 * eb * em}$$

Dónde:

P_B	:	Potencia Neta de la Bomba (HP).
Q	:	Caudal de Bombeo o Consumo de Máximo Día (gpm).
$C.T.D$:	Carga Total Dinámica (Pies).
$eb * em$:	Eficiencia del equipo de bombeo.

4.2.4.2. Almacenamiento.

Se determinó la ubicación, el tipo y la capacidad del almacenamiento para el final del periodo de diseño. Las fórmulas empleadas fueron las siguientes:

4.2.4.2.1 Volumen del tanque

El volumen del tanque está compuesto por un volumen compensador (15% CPD) y un volumen de reserva para eventualidades de emergencia (20% CPD).

$$V_T = 35\% \text{ CPD}$$

4.2.4.2.2 Dimensiones del tanque

Con una constante de $k = 2$, determinamos la altura con la siguiente ecuación:

a) Altura de tanque (h)

$$h = \frac{V_T}{3} + k$$

b) Base de tanque (L)

$$L = \sqrt{\frac{V_T}{h}}$$

4.2.4.3. Línea de Conducción.

Para la línea de conducción por bombeo, se utilizaron las fórmulas recomendadas en las Normas del INAA (NTON 09001-99). A continuación, la metodología de cálculo:

4.2.4.3.1 Diámetro mínimo

Se utilizó la fórmula de Bresse, que se detalló anteriormente en la sección 4.2.4.1.2.

Pero, por otro lado, de acuerdo a la norma el diámetro mínimo de la tubería será de 2 pulgadas (50mm); y en zonas donde razonablemente no se genere un

aumento de densidad de población, podrá usarse el diámetro mínimo de 1 1/2" (3.75mm) en longitudes no superiores a los 100 mts.

4.2.4.3.2 Velocidad

Se permitieron velocidades de flujos línea de conducción entre 0.6 m/s y 2.0 m/s, y se calcularon a través de la fórmula de continuidad y ayuda del programa EPANET. Aplicando la ecuación de continuidad:

$$V = \frac{4Q_b}{\pi\phi^2}$$

Dónde:

V: Velocidad (m/s).

ϕ : Diámetro de la tubería (m²).

Qb: Caudal de bombeo (m³).

4.2.4.3.3 Golpe de ariete

Así mismo, se hicieron las consideraciones técnicas necesarias para prevenir las condiciones de golpe de ariete.

$$\Delta H = \frac{CV}{g}$$

Dónde:

ΔH : Sobrepresión o Golpe de Ariete (m).

V: Velocidad media del agua (m/s).

C: Celeridad (m/s).

g: Aceleración de la Gravedad (m/s²).

4.2.4.3.4 Celeridad

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + k \frac{\phi}{e}}}$$

Considerando $C \leq 1000$ m/s.

Dónde:

C: Celeridad o velocidad de la onda de compresión o de succión (m/s).

D: Diámetro de la tubería (m).

e: espesor de la tubería (m).

k: 18. Cálculo del Coeficiente K, que tiene en cuenta los módulos de elasticidad

4.2.4.3.5 Tiempo de cierre

El cálculo del tiempo de cierre se realiza suponiendo las peores condiciones de funcionamiento; la cual indicaría un cierre inmediato de la válvula de presión, obteniendo la sobrepresión máxima.

$$T = \frac{2L}{C}$$

4.2.4.3.6 Presión Total

$$PT = \Delta H + CED$$

4.2.4.4. Red de distribución

La red de distribución es una red mixta, que cuenta con un circuito cerrado en una parte de la comunidad y ramales en las restantes. Esta red funcionará por gravedad o bombeo, dependiendo del sistema desde el cual se esté analizando

Para su diseño se realizó para las condiciones más desfavorables, con el fin de asegurar su correcto funcionamiento para el período de diseño. Se consideraron los aspectos siguientes:

- En el caso del sistema Fuente-Tanque-Red se diseñó para la condición del consumo de hora máxima al final del periodo de diseño.
- Para el sistema Fuente-Red-Tanque se diseñó para las condiciones de consumo de hora máxima al final del periodo de diseño más la condición de cero consumo en la red.
- Para todos los casos se verificaron las presiones mínimas de operación que debe de satisfacer la red de distribución.

Desde el Tanque: Complemento al consumo máximo horario.

Desde la bomba: Consumo de Máximo Día.

- El caudal correspondiente al consumo máximo diario es bombeado hacia el tanque de almacenamiento. La red demandará del tanque el consumo de máxima hora. El tanque trabajará con una altura que permitirá dar presiones residuales mínimas establecidas en todos los puntos de la red.

4.2.4.4.1 Análisis hidráulico

Con el objetivo de obtener resultados adaptados a las condiciones propuestas a futuro y de conocer el comportamiento que tendrá el sistema, se optó por esquematizar el diseño hidráulico en el software de **EPANET 2.0 vE**, asignándole las siguientes características:

- ✓ Demanda en los nodos: En este caso se trabajó con el caudal de máxima hora obtenido al final del periodo de diseño, dividido entre la longitud de tubería correspondiente a cada nodo.
- ✓ Elevación de los nodos: elevación en las esquinas o donde se establecen nodos, obtenida de los planos topográficos de la localidad.
- ✓ Longitud de tubería: longitud de tubería en un tramo entre dos nodos consecutivos; se obtuvo de la propuesta de red de distribución.
- ✓ Diámetro de tubería: diámetro de la tubería en un tramo entre dos nodos consecutivos; se obtuvo de los cálculos realizados para el diseño hidráulico.

- ✓ Rugosidad de la tubería: está en función del material con que está construida, el acabado de la construcción y el tiempo de uso. En este caso se utilizó con coeficiente de rugosidad igual a 150, que corresponde a tuberías de PVC.
- ✓ Elevación del tanque: elevación del fondo del tanque; correspondiente al nivel de terreno natural donde se encuentra el tanque (687 msnm).
- ✓ Nivel máximo del tanque: altura del nivel de rebose respecto al fondo del tanque (2m).
- ✓ Diámetro del tanque: para tanques cilíndricos, corresponde a sus diámetros internos; para otras formas se adoptan los diámetros equivalentes, estimados en base a las capacidades netas y los niveles máximos (3.22m).
- ✓ Nivel mínimo del tanque: nivel arbitrario seleccionado para la operación del tanque, normalmente se utiliza 1.0 m para permitir esta altura de carga sobre la salida.
- ✓ Nivel inicial del tanque: nivel arbitrario seleccionado para el inicio de la simulación de la operación del tanque en el sistema de distribución. Equivale a la altura del tanque al 50% de su capacidad.

Aunque el modelo EPANET, permite analizar el comportamiento en un periodo de tiempo determinado, se tendría que contar con datos adicionales como lo son curvas de tiempo de zonas cercanas que permitan evaluar la variación de consumo de la población en el sitio, para establecer un análisis en periodo de tiempo extendido. Dichos datos no se encontraron disponibles para la comunidad de Namasli.

Habiendo aclarado lo descrito anteriormente, los resultados que se presentan corresponden a la condición más crítica de funcionamiento del acueducto: Sistema de bombeo contra el tanque de almacenamiento en la condición de Consumo de Máxima Hora para el año último del periodo de diseño en la red de distribución (2039) con el suministro de agua producida por la capacidad instalada y el tanque al 50% de su capacidad, donde se evalúa el comportamiento de la red de distribución en la condición más extrema, es decir, cuando la demanda es máxima y la oferta de agua en el sistema está al 50% de su capacidad de

almacenamiento. También se presentarán los resultados para la condición de cero consumo en la red, esto para poder verificar presiones y pérdidas dentro de la red.

4.2.4.4.2 Presiones máximas y mínimas

Para brindar presiones adecuadas en el funcionamiento del sistema de abastecimiento la norma INAA recomienda que las presiones se mantengan en los valores siguientes:

- Mínima: 5m.
- Máxima: 50m.

4.2.4.4.3 Velocidades permisibles en tuberías

Las velocidades recomendadas del flujo en los conductos son para evitar erosión de las paredes del conducto o sedimentación en las tuberías. Los valores permisibles son los siguientes:

- Velocidad mínima: 0.40 m/s
- Velocidad máxima: 2.00 m/s.

4.2.4.4.4 Diámetros mínimos

El diámetro mínimo de la tubería de la red de distribución se consideró de 2 pulgadas (50 mm), aceptándose en algunos casos de una pulgada y media 1 ½" (3.75 mm) debido a la baja densidad de población y velocidades menores a la permisible.

4.2.4.4.5 Cobertura de tuberías

Para sitios que correspondan a cruces de carreteras y caminos con mayor afluencia de tráfico se recomienda mantener una cobertura mínima de 1.20 metros sobre la corona de las tuberías. Y para caminos de poco tráfico vehicular, una cobertura de 1.0 metro sobre la corona del tubo.

4.2.5 Tratamiento y desinfección del agua

En el caso de la comunidad de Namasli, la fuente de abastecimiento propuesta es de tipo subterránea a través de un pozo perforado, lo cual requiere una prueba de bombeo donde se pueda extraer muestras del agua en el sitio exacto donde se propone el pozo, esto con el fin de someter dichas muestras a los análisis físico, químicos y bacteriológicos pertinentes para determinar de manera concreta si esta cuenta con las características necesarias para consumo humano, en base a las normas regionales de calidad establecidas CAPRE, y así poder establecer el tratamiento y desinfección adecuada según los resultados específicos del agua.

Aun cuando dichas pruebas de bombeo son fundamentales para determinar el tipo de tratamiento y desinfección, no se pudo obtener información sobre ellas. Y, por ende, no se cuenta con la base suficiente para proponer un sistema EXACTO de tratamiento que vaya de acuerdo con las necesidades que podría presentar el acuífero en aspectos de calidad física y química.

A pesar de lo anterior se calcularon las cantidades de cloro necesario para la desinfección del agua del sistema propuesto, asumiendo que solo se necesita cloración.

4.2.6. Estimación de costos

Se estimaron los costos directos del diseño de las obras propuestas.

4.2.7. Elaboración de planos

Se elaboraron los planos y especificaciones del sistema de abastecimiento de agua potable, con ayuda del software AutoCAD.

4.2.8. Documento final

Se presenta la memoria de cálculo y las especificaciones del diseño de todo sistema de Agua.

CAPÍTULO V. CALCULOS Y RESULTADOS

5.1 Encuesta socioeconómica

Los datos estadísticos de la comunidad de Namasli se encuentran desfasados en el tiempo, es decir, los censos poblacionales y encuestas realizadas por los entes gubernamentales no se encuentran actualizados. Y siendo de conocimiento general la necesidad de conocer, entender y estudiar la convivencia ciudadana de las áreas en estudio para obtener resultados eficientes y concluyentes en los diseños del MABE; se tomó la decisión de realizar una encuesta socioeconómica propia con el objetivo de formar una visión más completa, detallada y precisa de las necesidades que deben ser cubiertas, y las afectaciones que tienen las mismas en el desarrollo de un proyecto de consumo de agua potable.

5.1.1 Población

La población encontrada a partir de la encuesta realizada fue de 410 habitantes en 104 viviendas, para un índice habitacional de 3.94 habitantes por casa.

Según los resultados obtenidos el rango de edad predominante en los participantes se encuentra entre 25-33 años (17.56%) y 41-45 años (17.12%).

Por otro lado, en cuanto al sexo predominante, se obtuvo que un 64.1% de los encuestados pertenecen al sexo femenino y 35.9% pertenecen al sexo masculino.

5.1.2 Vivienda

La vivienda que destaco entre los participantes de la encuesta fue la de tipo unifamiliar, correspondiendo al 94.9%. El 5.1% restante concierne a casos de familias cuidando terrenos privados o de iglesias. El 100% de las viviendas encuestadas pertenecen a la comunidad de Namasli.

Solo en casos esporádicos se encontraron situaciones de familias cuidando o que habitaban en iglesias.

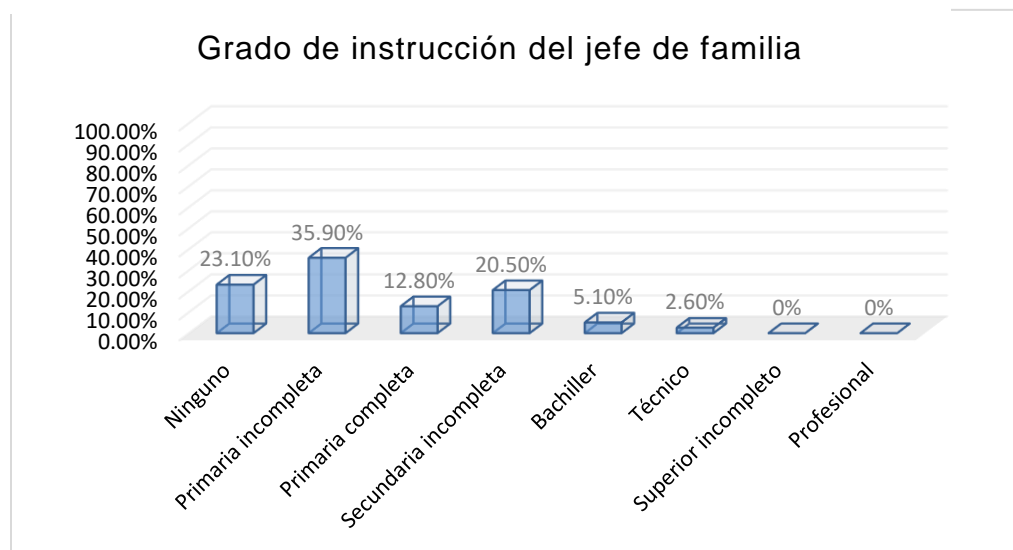
5.1.3 Servicios públicos existentes

5.1.3.1 Educación

En la comunidad de Namasli, se encuentra una única escuela, la cual brinda solamente educación primaria. La infraestructura que posee no tiene las condiciones óptimas para el desarrollo académico de los estudiantes. Los niños que deseen continuar con sus estudios deben hacer un viaje hacia la escuela secundaria de Tauquil o bien hacia la escuela secundaria ubicada en Teotecacinte, ambas están aproximadamente a 2 kilómetros de Namasli.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la encuesta, el 35.9% de los participantes tienen estudios de primaria incompleta, seguido del 23.1% que no posee ningún tipo de instrucción académica. Con los datos descritos, es evidente la falta de educación entre los habitantes de la comunidad, debido a la ausencia de recursos tanto económicos como educativos.

Ilustración 19: Grado de instrucción del jefe de familia



Fuente: Elaboración Propia

5.1.3.2 Salud

La comunidad de Namasli no cuenta con un Puesto de Salud, donde se brinde atención preliminar medica ya sea para tratar emergencias o casos de enfermedades comunes. Los pobladores tienen que movilizarse ya sea al puesto de salud ubicado en Tauquil, o próximamente podrán también contar con un hospital, que está siendo construido, en Teotecacinte.

5.1.3.3 Energía

El servicio de energía eléctrica existente abastece satisfactoriamente a toda la comunidad, estando el pago predominante por mes entre 50 y 100 córdobas (28.7%).

5.1.3.4 Transporte

Se accede a la comunidad de Namasli por medio de transporte privado y particular, ya que el camino desde la carretera NIC-29 hasta la comunidad, es en su totalidad de tierra y macadam, tornando muy difícil la movilización del transporte público.

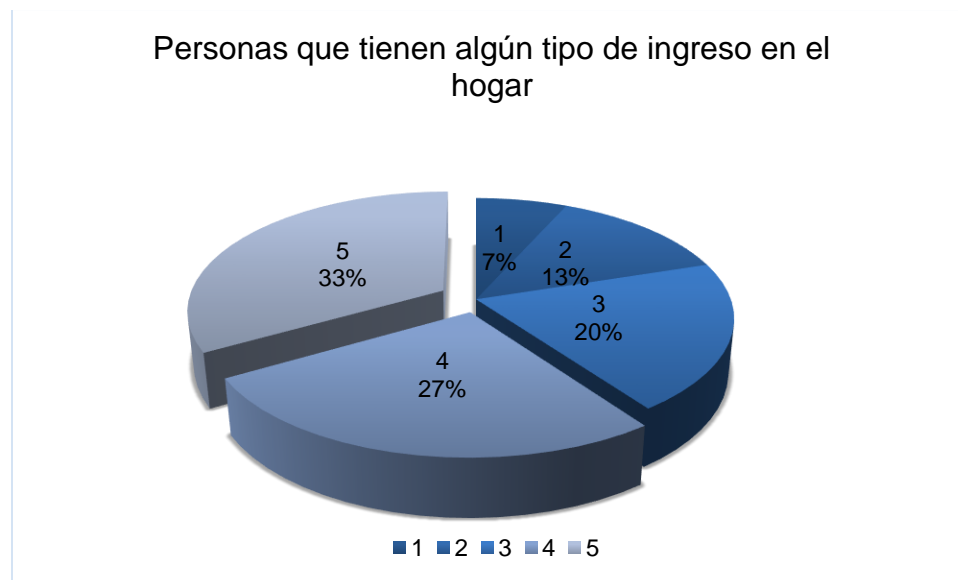
5.1.3.5 Comunicación

El único medio de comunicación en la comunidad es mediante el uso de telefonía celular.

5.1.4 Actividad económica existente

De acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio socioeconómico, no se encontraron casos en los que no hubiera ingresos por parte de al menos una persona, estos representaron el 56.4%. El porcentaje restante estuvo dividido entre viviendas donde más de una persona aportaba económicamente a la familia.

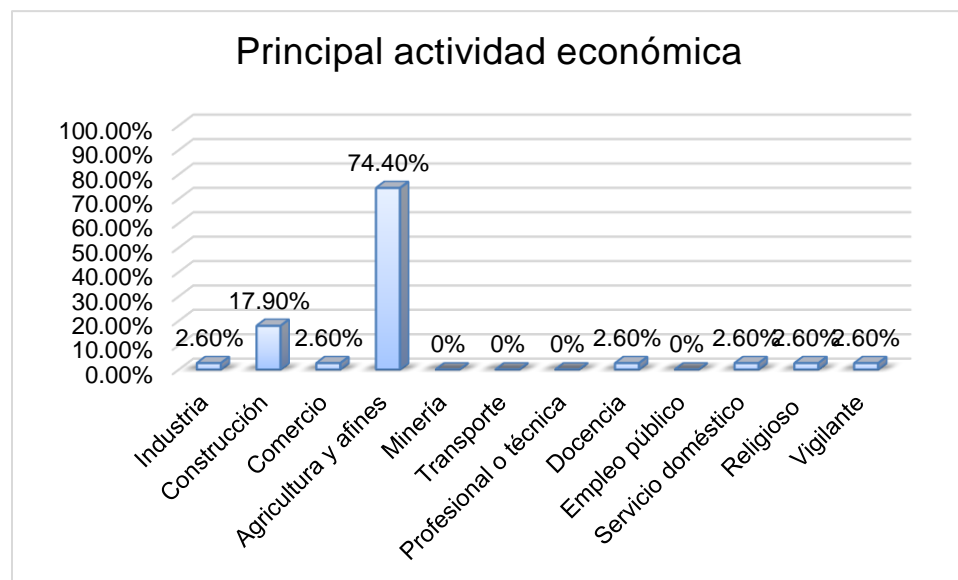
Ilustración 20: Personas que tienen algún tipo de ingreso en el hogar



Fuente: Elaboración Propia

En cuanto al tipo de actividad económica, el 71.8% laboran en actividades relacionadas a la agricultura y afines. De manera más destacada en la plantación de tabaco. La segunda actividad económica predominante es en el ramo de la construcción, con un 17.9%.

Ilustración 21: Principal actividad económica



Fuente: Elaboración Propia

5.1.5 Saneamiento e higiene

Para conocer la percepción de los habitantes de la comunidad de Namasli en cuanto a higiene y saneamiento se abordaron diferentes tipos de problemas que se relacionan con el abastecimiento de agua, valorando su opinión en base a: Mucho, Poco, Nada, NS/NR.

El primer problema que se le presento a los participantes fue el de la higiene personal, en donde un 46.2% cree que el sistema de abastecimiento actual no afecta en NADA su higiene personal, contrario al 30.8% que cree que si afecta MUCHO.

Por otra parte, 51.3% piensa que la falta de agua no se relaciona en NADA con el desarrollo de enfermedades. Mientras que el 30.8% cree que es posible que las enfermedades tengan que ver con la falta de agua.

Así mismo, el 61.5% de la población encuestada, siente MUCHA incomodidad en general con el actual servicio de agua potable. Inversamente del 17.9% que dice sentirse cómodo con el sistema.

En cuanto al tema de las aguas servidas, 82.1% de los participantes dijeron no percibir ningún mal olor. Cabe destacar que en ninguna de las viviendas de la comunidad existe sistema de recolección de aguas negras, un 46.2% de las casas elimina las aguas servidas en su patio, un 35.9% evacua a quebrada y el porcentaje restante desecha las aguas en el Rio Poteca.

Por último, la acumulación de basura en acequias y ríos, donde solo el 2.5% de los encuestados reconoce tener problemas

En conclusión, para la población de la comunidad de Namasli, los mayores inconvenientes en cuanto al abastecimiento de agua se deben: calidad, procedencia (ya que el agua que reciben actualmente proviene de territorio hondureño) y constancia del servicio.

5.1.6 Enfermedades comunes

Se le presento a los participantes un listado de las enfermedades más comunes relacionadas con el agua, mostrando los resultados a continuación: El 37.9% indico que al menos algún integrante de la familia ha padecido de Fiebre Tifoidea en los últimos doce años. Así mismo, un 44.8% ha sufrido de diarrea. Sin embargo, la afectación más común entre los habitantes de la comunidad se debe a Trastornos Digestivos, con un 65.5%. Continuando con Parásitos Intestinales en un 55.2% y, por último, casos comunes de gripe y tos con un 44.7%.

5.1.7 Ingreso económico

Los ingresos económicos de la comunidad de Namasli, se mantienen por encima de los unos mil córdobas al mes, este puede variar según el número de personas que reciban un salario por su trabajo. El 40.4% de las familias reciben un ingreso entre 1100 y 5300 córdobas al mes. Un 21.9% recauda entre 5300 y 10000 córdobas. Y, por último, el 24.9% obtiene ingresos entre 10000 y 20000 córdobas.

5.2 Estimación de consumo

De acuerdo con las características de la comunidad y según los parámetros de los cuales depende el tipo de dotación, se concluyó que el sistema se diseñara por medio de conexiones de patio. Para los cuales la dotación asignada, según la NTON 09001-99, debe estar entre 50 y 60 lppd.

Ahora bien, para efectos de calcular el consumo promedio diario, consumo de máximo día y máxima hora, se proyectará la población de 520 habitantes para el periodo de diseño anteriormente definido. (Tabla 6)

Tabla 6: Estimación de consumos y población futura

No.	Año	Pn	CPD		Pérdidas		CMD (F=1.5)		CMH (F=2.5)		No. Horas de bombeo
			l/s	gpm	l/s	gpm	l/s	gpm	l/s	gpm	hr
0	2019	520	0.331	5.25	0.07	1.05	0.56	8.92	0.89	14.17	8.48
1	2020	533	0.339	5.38	0.07	1.08	0.58	9.14	0.92	14.52	8.69
2	2021	547	0.348	5.52	0.07	1.10	0.59	9.38	0.94	14.90	8.92
3	2022	561	0.357	5.66	0.07	1.13	0.61	9.62	0.96	15.28	9.15
4	2023	576	0.367	5.81	0.07	1.16	0.62	9.88	0.99	15.69	9.39
5	2024	591	0.376	5.96	0.08	1.19	0.64	10.14	1.02	16.10	9.63
6	2025	606	0.386	6.11	0.08	1.22	0.66	10.39	1.04	16.51	9.88
7	2026	622	0.396	6.28	0.08	1.26	0.67	10.67	1.07	16.95	10.14
8	2027	638	0.406	6.44	0.08	1.29	0.69	10.94	1.10	17.38	10.40
9	2028	654	0.416	6.60	0.08	1.32	0.71	11.22	1.12	17.82	10.66
10	2029	671	0.427	6.77	0.09	1.35	0.73	11.51	1.15	18.28	10.94
11	2030	688	0.438	6.94	0.09	1.39	0.74	11.80	1.18	18.74	11.22
12	2031	706	0.449	7.12	0.09	1.42	0.76	12.11	1.21	19.23	11.51
13	2032	724	0.461	7.31	0.09	1.46	0.78	12.42	1.24	19.72	11.80
14	2033	743	0.473	7.50	0.09	1.50	0.80	12.74	1.28	20.24	12.11
15	2034	762	0.485	7.69	0.10	1.54	0.82	13.07	1.31	20.76	12.42
16	2035	782	0.498	7.89	0.10	1.58	0.85	13.41	1.34	21.30	12.75
17	2036	802	0.511	8.09	0.10	1.62	0.87	13.76	1.38	21.85	13.07
18	2037	823	0.524	8.30	0.10	1.66	0.89	14.12	1.41	22.42	13.42
19	2038	844	0.537	8.52	0.11	1.70	0.91	14.48	1.45	22.99	13.76
20	2039	866	0.551	8.74	0.11	1.75	0.94	14.85	1.49	23.59	14.12

Fuente: Elaboración Propia

5.3 Obra de captación

La profundidad de perforación del pozo será de 200 pies (60.9 metros). De los cuales, aproximadamente 120 pies se encontrarán dentro de los paquetes aluviales y el resto entre los estratos de filitas grafitosas fracturadas (Tabla 7).

Tabla 7: Características de obra de captación

Características	Pozo
Diámetro de Perforación	12 pulg.
Diámetro Tubería de Revestimiento	PVC SDR-26 Ø 6 plg. 120 pies.
Rejilla de PVC ranurada	Diámetro 6 plg.
Empaque de grava	1/2 plg. a 3/8 plg. Cantidad 5.16 m ³
Tubo engrave	2 pies
Sello sanitario	20 pies.
Base de Concreto	0.8x0.8x1.3. Cantidad 0.83 m ³
Profundidad	200 pies

Fuente: Elaboración Propia

Los criterios optados para definir el diámetro de revestimiento del pozo propuesto (12”), Diámetro del forro de 6” y el diámetro de la Bomba propuesta que será de 2 pulgadas y la instalación de los cables eléctricos de alimentación para un Equipo de Bombeo tipo sumergibles.

Por otra parte, se deberán hacer los análisis físicos, químicos, bacteriológicos para determinar la presencia de materiales pesados en el agua, y asegurarse de que la fuente es apta para consumo humano.

5.4 Cálculo del equipo de bombeo

Para los cálculos del diseño hidráulico se consideraron dos sistemas operativos: FUENTE-TANQUE-RED y FUENTE-RED-TANQUE. En los resultados presentados a partir de esta sección, se compararon los cálculos de ambos sistemas.

5.4.1 Condiciones

En tabla 8 se establecen las condiciones para el cálculo del equipo de bombeo.

Tabla 8: Condiciones para cálculo de equipo de bombeo

Características	Valores	Unidades
Nivel Estático del Agua (NEA)	7.5 ⁵	m
Variación Estacional	1 ⁵	m
Abatimiento por bombeo	16 ⁵	m
Sumergencia	3 ⁵	m
Coeficiente de rugosidad	150	U
Q _{diseño}	0.94	lps
Tiempo de bombeo	15	hr

Fuente: Elaboración Propia

Es importante destacar que, en cuanto al caso del abatimiento, se calculó un abatimiento de diseño, en base al caudal de diseño de 0.94 lps o 14.85 gpm, que resulto igual a:

$$s = 5.28m$$

Sin embargo, debido a que en el estudio hidrogeológico se sugiere uno a criterio del geólogo (16 m), se decidió realizar los cálculos del equipo de bombeo en cuanto a dicho valor, ya que para obtener datos específicos y reales sobre las características del pozo es NECESARIO contar con las PRUEBAS DE BOMBEO que detallaran de mejor manera el comportamiento del pozo en base al caudal de diseño.

5.4.2 Sistema operativo FUENTE-TANQUE-RED

5.4.2.1 Diámetro interno de la tubería de descarga

$$D = 0.039m \approx 1.5"$$

⁵ FUENTE; Recursos de Agua en la Comunidad Namasli. Con énfasis en los recursos de agua para consumo humano. Ing. Eddie M. y Asociados. (2013)

El diámetro mínimo de tubería resulta ser un poco más de 1.5 pulgadas, por ende, para fines comparativos entre sistemas operativos, en los cálculos que se presentan a continuación se utilizará un diámetro de 2 pulgadas.

5.4.2.2 Carga total dinámica

5.4.2.2.1 Nivel más bajo del agua durante el bombeo (NB)

$$NB = 7.5m + 1m + 16m = 24.5m$$

5.4.2.2.2 Carga estática de la descarga (CED)

$$CED = 689m - 658m = 31m$$

5.4.2.2.3 Pérdidas de la columna dentro del pozo ($hf_{columna}$)

$$L_c = 24.5m + 3m = 27.5m$$

$$hf_{columna} = (0.05)(27.5m) = 1.375m$$

5.4.2.2.4 Pérdidas en la descarga ($hf_{desc.}$)

$$hf_{desc.} = 10.674 \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} * \frac{L_{real}}{\phi^{4.97}}$$

Tabla 9: Perdidas por accesorios

Accesorio	Cantidad	Perdida	Total
Codo medio 90°	7	1.4	9.8
Codo 45°	2	0.8	1.6
Tee salida	1	3.5	3.5
Valv. Comp.	1	0.4	0.4
Valv. Retención	1	4.2	4.2
Salida al tanque	1	1.5	1.5
Tee directo	2	1.1	2.2
		Le	23.20m

Fuente: Elaboración Propia

$$L_{real} = 766.4m + 23.20m = 789.6m$$

$$hf_{desc.} = 10.674 \left(\frac{0.00094 m^3/s}{150} \right)^{1.852} \left(\frac{789.6m}{(0.0508m)^{4.87}} \right) = 3.91m$$

Por ende, la carga total dinámica vendrá siendo igual:

$$CTD = 24.5m + 31m + 1.375m + 3.91m = 60.79m \cong 199.44 \text{ pies}$$

5.4.2.3 Potencia hidráulica de la bomba

$$P_B = \frac{(14.85 \text{ gpm}) * (199.44 \text{ ft})}{3960} = 0.75 \text{ HP}$$

5.4.2.4 Potencia analítica del equipo de bombeo

La eficiencia de la bomba se seleccionó de acuerdo con datos brindados en el catálogo del fabricante, dichas especificaciones se encuentran detalladas en la sección de anexos III.I de este documento.

$$P_{EB} = \frac{P_H}{e} = \frac{0.75 \text{ HP}}{0.60} = 1.25 * 1.15 = 1.44 \text{ HP}$$

Se requiere un equipo de bombeo con potencia total de aproximadamente una 1.50 HP

5.4.3 Sistema operativo FUENTE-RED-TANQUE

5.4.3.1 Diámetro interno de la tubería de descarga

$$D = 0.9(0.00094 \text{ m}^3/\text{s})^{0.45}$$

$$D = 0.039 \text{ m} \approx 1.5''$$

El diámetro mínimo de tubería resulta ser un poco más de 1.5 pulgadas, por ende, para fines comparativos entre sistemas operativos, en los cálculos que se presentan a continuación se utilizará un diámetro de 2 pulgadas.

Tabla 10: Diámetro técnico económico sistema F-R-T

Diámetro (pulg.)	Longitud (m)	Costo por ml de tubería	CAT (C\$)	Hf (m)	CTD		Potencia (hp)	CAE (C\$)	CAE Equivalente (C\$)
					m	pies			
1 1/2	766.4	32	3224.37	18.52	75.40	247.36	1.24	32329.61	35553.98
2	766.4	48	4836.55	7.83	64.71	212.29	1.06	27745.71	32582.26
3	766.4	94	9471.58	1.25	58.13	190.70	0.95	24924.18	34395.77

Fuente: Elaboración propia

5.4.3.2 Carga total dinámica

5.4.3.2.1 Nivel más bajo del agua durante el bombeo (NB)

$$NB = 7.5m + 1m + 16m = 24.5m$$

5.4.3.2.2 Carga estática de la descarga (CED)

$$CED = 689m - 658m = 31m$$

5.4.3.2.3 Pérdidas de la columna dentro del pozo ($hf_{columna}$)

$$L_c = 24.5m + 3m = 27.5m$$

$$hf_{columna} = (0.05)(27.5m) = 1.375m$$

5.4.3.2.4 Pérdidas en la descarga ($hf_{desc.}$)

Las perdidas consideradas para este sistema operativo fueron las obtenidas en el análisis hidráulico del sistema, realizado con el software EPANET, para la condición sin consumo y cuyos resultados se presentan a detalle en la sección 5.6.2.2.2 de este documento.

$$hf_{desc.} = 7.83m$$

Por ende, la carga total dinámica vendrá siendo igual:

$$CTD = 24.5m + 31m + 1.375m + 7.83m = 64.71m \cong 212.30 \text{ pies}$$

5.4.3.3 Potencia hidráulica de la bomba

$$P_B = \frac{(14.85gpm) * (212.30ft)}{3960} = 0.8HP$$

5.4.3.4 Potencia analítica del equipo de bombeo

La eficiencia de la bomba se seleccionó de acuerdo con datos brindados en el catálogo del fabricante, dichas especificaciones se encuentran detalladas en la sección de anexos III.I de este documento.

$$P_{EB} = \frac{P_H}{e} = \frac{0.8HP}{0.60} = 1.33 * 1.15 = 1.53HP$$

Se requiere un equipo de bombeo con potencia total de aproximadamente 1.50 HP.

5.4.4 Punto de operación y selección del equipo de bombeo

Se seleccionó el equipo de bombeo para las siguientes características de operación:

- ✓ Caudal: 3.38 m³/hr
- ✓ CTD: 212.30 pies

A manera de referencia se utilizó un catálogo de bombas sumergibles de una empresa nicaragüense, dando como resultado la elección de la bomba sumergible 4PWP13G15, de la marca PEARL, y con las siguientes características en tabla 11.

Tabla 11: Características del equipo de bombeo

Características	Resultados
Diámetro	2 pulg.
Potencia (P)	1.5 HP=1.1 kw
Eficiencia	60%

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 12 se resumen las características del equipo de bombeo para las dos condiciones de análisis.

Tabla 12: Tabla resumen de resultados del equipo de bombeo

Descripción		Resultado	
		F-T-R	F-R-T
Diámetro interno de la tubería	Pulgadas	2	2
Nivel de bombeo (NB)	Metros	24.5	24.5
Carga estática de descarga (CED)	Metros	31	31
Pérdidas friccionantes en la columna de bombeo (hf_{columna})	Metros	1.375	1.375

Descripción		Resultado	
Pérdidas fricción antes en la descarga ($hf_{desc.}$)	Metros	3.91	7.83
Carga total dinámica (CTD)	Pies	199.44	212.30
Potencia hidráulica de la bomba (calculada)	HP	0.75	0.80
Potencia analítica de la bomba	HP	1.44	1.53
Potencia total propuesta	HP	1.50	1.50

Fuente: Elaboración Propia

Se propone equipar el pozo, con un equipo de bomba sumergible de 1.5 HP, modelo 4PWP13G15, de la marca PEARL. En la sección de **Anexos III.II. Curva característica**, se presenta la curva característica de dicho equipo.

Un equipo de bombeo de este tipo es requerido debido a la diferencia de niveles que existe en la ubicación propuesta del pozo al tanque de almacenamiento.

5.4.5 Tiempo de bombeo

El tiempo de bombeo máximo según caudal de bombeo es menor que el máximo recomendado que es de 16 horas. (Tabla 13).

Tabla 13: Horas de bombeo

Año	CMD (gpm)	Caudal de Bombeo (gpm)	Horas de Bombeo (hr)
2019	8.92	14.85	8.48
2024	10.14	14.85	9.63
2029	11.51	14.85	10.94
2034	13.07	14.85	12.42
2039	14.85	14.85	14.12

Fuente: Elaboración Propia

5.4.6 Electrificación del sistema

La electrificación del equipo de bombeo se tendrá que dar por medio de un transformador tipo convencional de distribución, de frecuencia 60 hertz, alta tensión de 240/480 voltios y las pruebas de las perdidas bajo carga y la regulación de voltaje deberán ser soportada para una temperatura de 80° C.

Así mismo, el centro de control del motor del arrancador debe estar provisto de un interruptor termo magnético, tipo ajustable, que proteja al motor de sobrecargas térmicas y corrientes de cortocircuito.

5.5 Línea de conducción

Los siguientes cálculos se elaboraron para el análisis del sistema operativo FUENTE-TANQUE-RED.

5.5.1 Diámetro mínimo

$$D = 0.9(0.94 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s})^{0.45} = 0.0391m \cong 1.54 \text{ in} = 1.5 \text{ in}$$

5.5.2 Velocidad y gradiente

Para un diámetro de 38 mm

$$V = \frac{4(0.94 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s})}{\pi(0.0381m)^2} = 0.82 \frac{m}{s}$$

$$0.6 \frac{m}{s} < 0.82 \frac{m}{s} < 1.5 \frac{m}{s}$$

$$S = \frac{15.77}{766.40} * 1000 = 20.58 \frac{m}{1000 \text{ m}} > 10 \frac{m}{1000} m$$

Para un diámetro de 50 mm

$$V = \frac{4(0.94 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s})}{\pi(0.0508m)^2} = 0.46 \frac{m}{s}$$

$$0.6 \frac{m}{s} > 0.46 \frac{m}{s} < 1.5 \frac{m}{s}$$

$$S = \frac{3.91}{766.40} * 1000 = 5.10 \frac{m}{1000 \text{ m}} < 10 \frac{m}{1000} m$$

Para un diámetro de 38 mm cumple con la velocidad, pero no cumple con el gradiente, para el $\Phi=50$ mm no cumple con la velocidad, pero si con el gradiente, por lo que selecciona un $\Phi=50$ mm.

Por otro lado, también se realizó un análisis diámetro técnico económico, con el objetivo de poder elegir el que mejor se desempeñara tanto económica como técnicamente. En la tabla número 14 se muestran los resultados de dicha comparación, y se puede comprobar como el diámetro de 2 pulgadas es el que resulta ser el más viable para este proyecto.

Tabla 14: Diámetro técnico económico sistema F-T-R

Diámetro (pulg.)	Longitud (m)	Costo por ml de tubería	CAT (C\$)	Hf (m)	CTD		Potencia (hp)	CAE (C\$)	CAE Equivalente (C\$)
					m	pies			
1 1/2	766.4	32	3224.37	15.78	72.65	238.36	1.19	31153.54	34377.91
2	766.4	48	4836.55	3.89	60.76	199.35	1.00	26054.81	30891.36
3	766.4	94	9471.58	0.54	57.41	188.37	0.94	24619.53	34091.11

Fuente: Elaboración Propia

5.5.3 Golpe de ariete

5.5.3.1 Celeridad

Se considera una tubería de PVC SDR-26 de diámetro nominal 2 “, con un espesor de pared mínimo de 2.79 mm y un k de 18.

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 18 \frac{0.0508m}{0.00279m}}}$$

$$C = 510.53 \text{ m/s}$$

5.5.3.2 Tiempo de cierre

$$T = \frac{2 * 766.4m}{510.53 \frac{m}{s}} = 3.00 \text{ seg}$$

5.5.3.3 Sobrepresión

Aplicando la siguiente ecuación, se obtiene:

$$\Delta H. = \frac{510.53 \frac{m}{s} * 0.46 \frac{m}{s}}{9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$\Delta H. = 23.94m$$

5.5.4 Presión total

$$PT = 23.94m + 31m = 54.94 m$$

Tomando en cuenta que la presión de servicio ofrecida por la tubería PVC de cedula SDR-26 es de aproximadamente 112 m.c.a., se demuestra la factibilidad del uso de dicha tubería para conformar la línea de conducción.

5.6 Red de distribución

Se encuentra formada por aproximadamente tres mil metros de tubería PVC de diámetro de 2" y 1 1/2", sirviendo al 100% de la población de la comunidad.

5.6.1 Análisis hidráulico de la Red

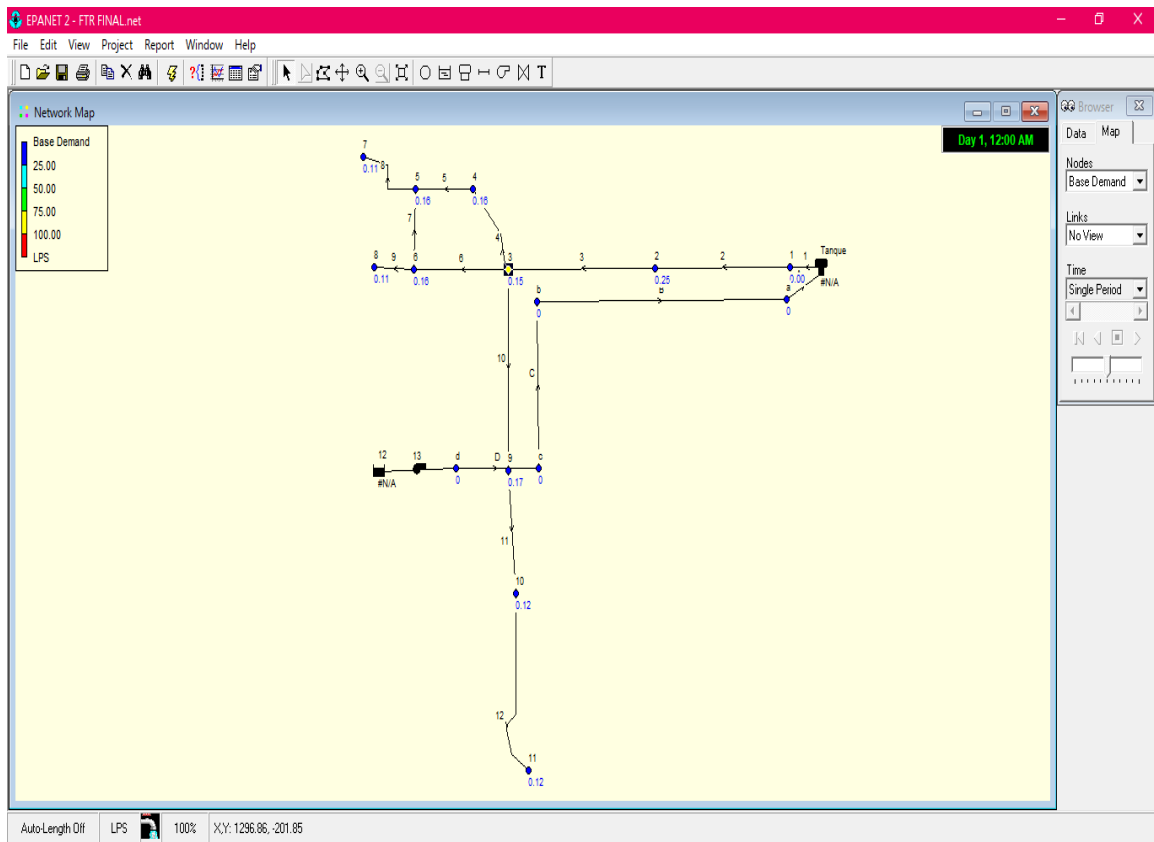
El análisis hidráulico de la red de distribución se realizó en base al tanque de almacenamiento, se consideraron dos escenarios el primero bajo el esquema de operación: FUENTE- TANQUE- RED, y el segundo funcionando a través del sistema: FUENTE-RED-TANQUE. Se presentan resultados de ambos modelos y se compararon resultados con el fin de obtener la mejor alternativa tanto hidráulica como económicamente.

5.6.2 Resultados de la modelación hidráulica

5.6.2.1 Sistema de operación FUENTE-TANQUE-RED

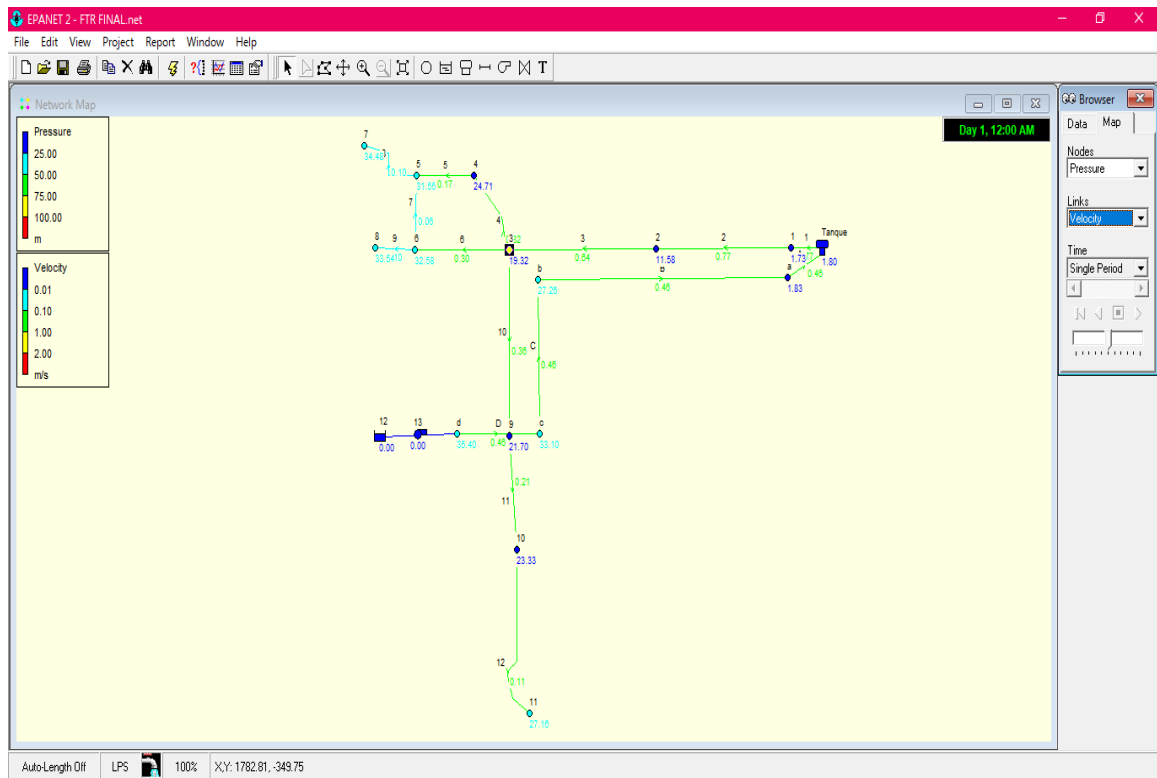
Los resultados que se presentan en ilustraciones 22, 23, 24 y 25 son los modelados para la condición Consumo de máxima hora, desde el tanque.

Ilustración 22: Demanda base



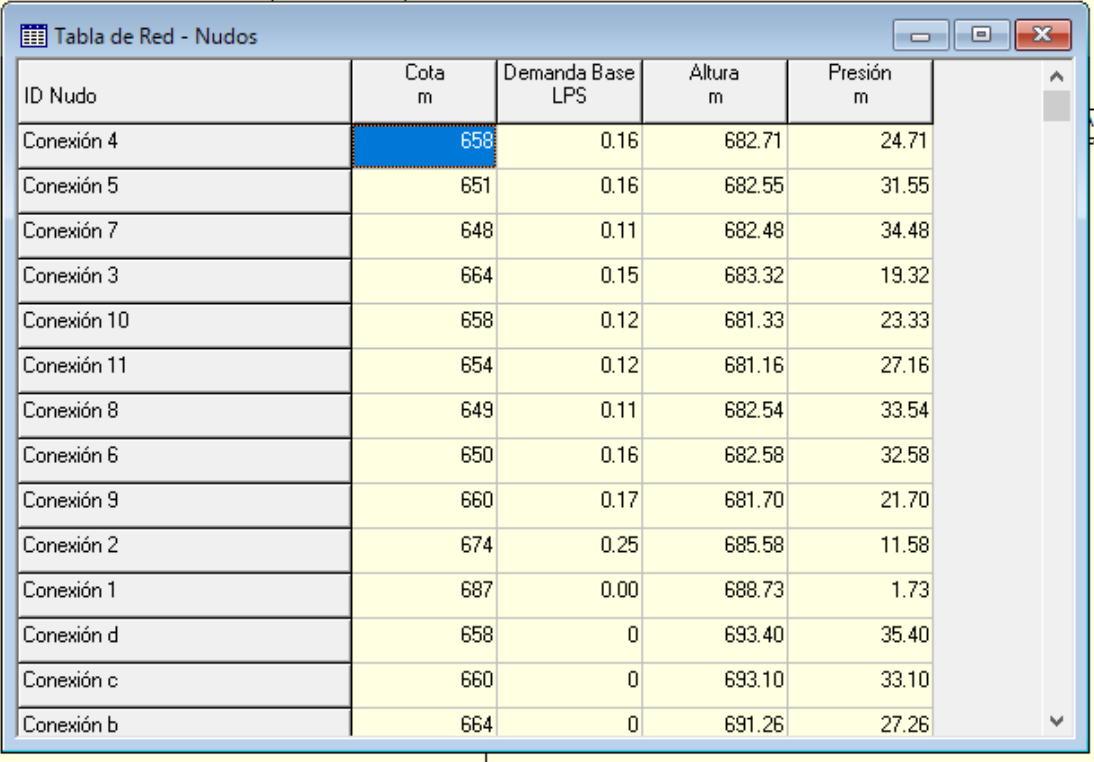
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 23: Presiones y velocidades



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 24: Tabla de presiones



ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
Conexión 4	658	0.16	682.71	24.71
Conexión 5	651	0.16	682.55	31.55
Conexión 7	648	0.11	682.48	34.48
Conexión 3	664	0.15	683.32	19.32
Conexión 10	658	0.12	681.33	23.33
Conexión 11	654	0.12	681.16	27.16
Conexión 8	649	0.11	682.54	33.54
Conexión 6	650	0.16	682.58	32.58
Conexión 9	660	0.17	681.70	21.70
Conexión 2	674	0.25	685.58	11.58
Conexión 1	687	0.00	688.73	1.73
Conexión d	658	0	693.40	35.40
Conexión c	660	0	693.10	33.10
Conexión b	664	0	691.26	27.26

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 25: Tabla de velocidades

Tabla de Red - Líneas					
ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
Tubería 5	144.3	38	0.20	0.17	1.14
Tubería 8	176.3	38	0.11	0.10	0.38
Tubería 4	177.8	38	0.36	0.32	3.41
Tubería 12	359.9	38	0.12	0.11	0.45
Tubería 9	100	38	-0.11	0.10	0.38
Tubería 7	148.5	38	-0.07	0.06	0.18
Tubería 2	244.4	50	-1.51	0.77	12.90
Tubería 6	236.25	38	-0.34	0.30	3.15
Tubería 3	244.35	50	-1.26	0.64	9.23
Tubería 10	370	38	0.41	0.36	4.39
Tubería 11	226.24	38	0.24	0.21	1.63
Tubería 1	5.5	50	1.51	0.77	12.91
Tubería D	60	50	0.90	0.46	4.97
Tubería C	370	50	0.90	0.46	4.97
Tubería B	488.7	50	0.90	0.46	4.97
Tubería A	5.5	50	0.90	0.46	4.98
Bomba 13	No Disponible	No Disponible	0.90	0.00	-35.40

Fuente: Elaboración Propia

Según los resultados arrojados por EPANET para la condición más crítica de consumo, las presiones en la red se encuentran por debajo de la presión máxima permisible por el INAA (NTON 09002 – 99, numeral 4.3), que es de $34.48 < 50.0$ metros y la mínima se da en el nodo 2 de $11.58 < 5.00$ m, la del nodo 1 es despreciable ya que corresponde a la salida del tanque de almacenamiento. En cuanto a las velocidades en la mayoría de los tramos son menores a 0.4 m/s, solo se cumple en los tramos 1, 2 y 3, por lo que en los puntos más bajos se colocarán válvulas de limpieza para cumplir con el mantenimiento que sea necesario.

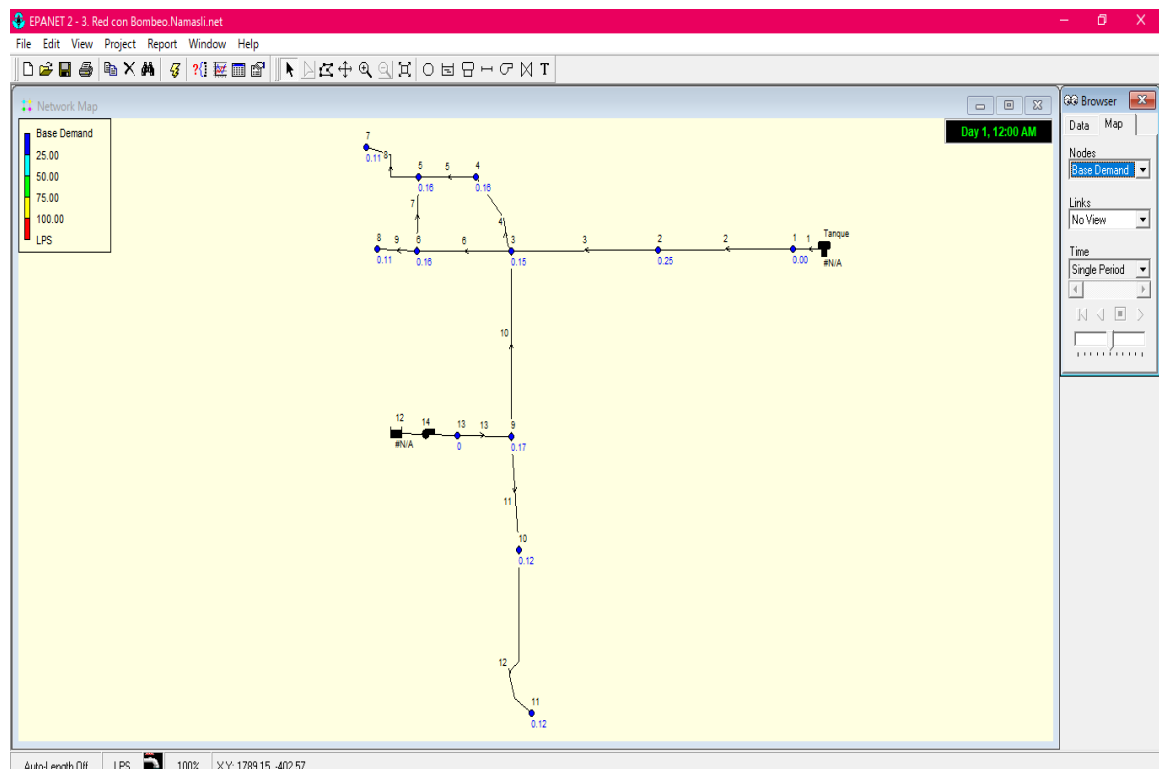
5.6.2.2 Sistema de operación FUENTE- RED-TANQUE

5.6.2.2.1 Con consumo de máxima hora

Los resultados que se presentan son los modelados para la condición: Bombeo de Máximo día con Consumo de máxima hora en la red (Ilustraciones 26, 27, 28 y 29).

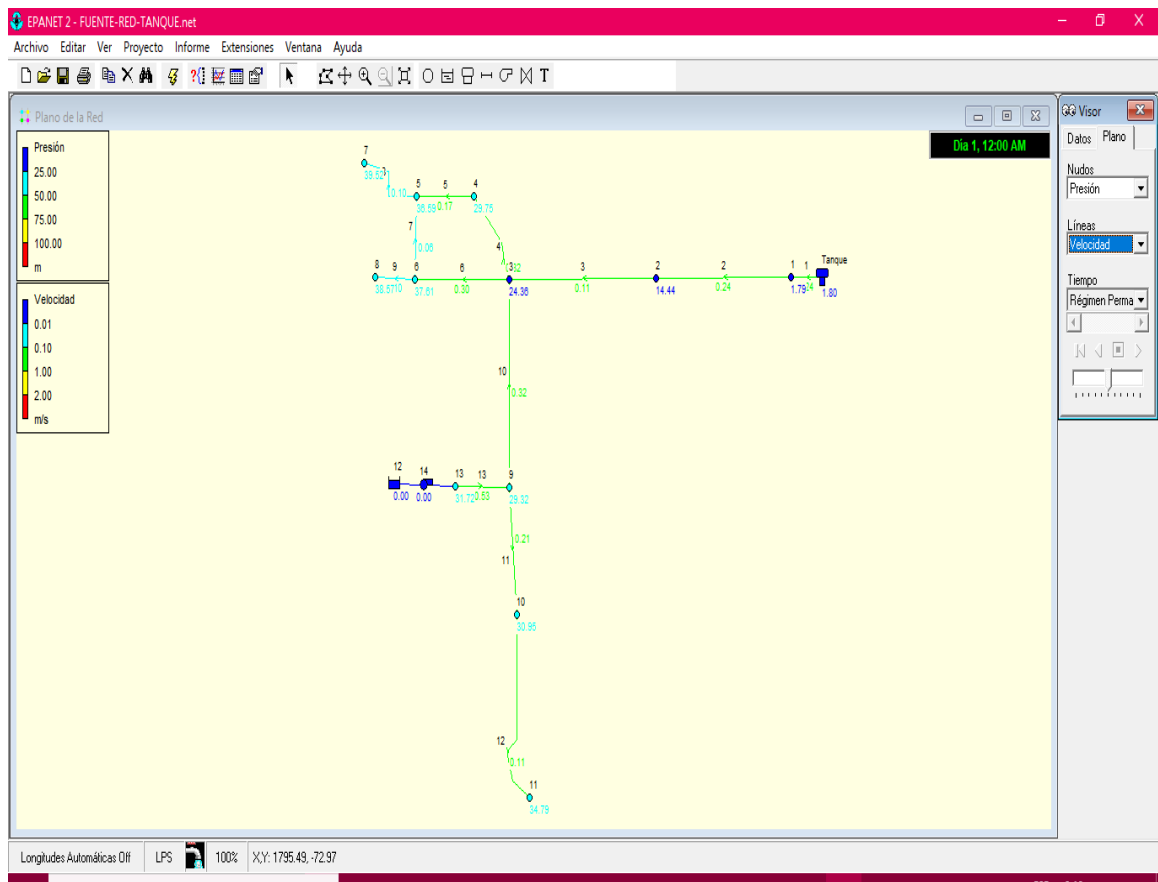
Desde la bomba= 0.94 l/s. Desde el tanque= 1.49 l/s.

Ilustración 26: Demanda base



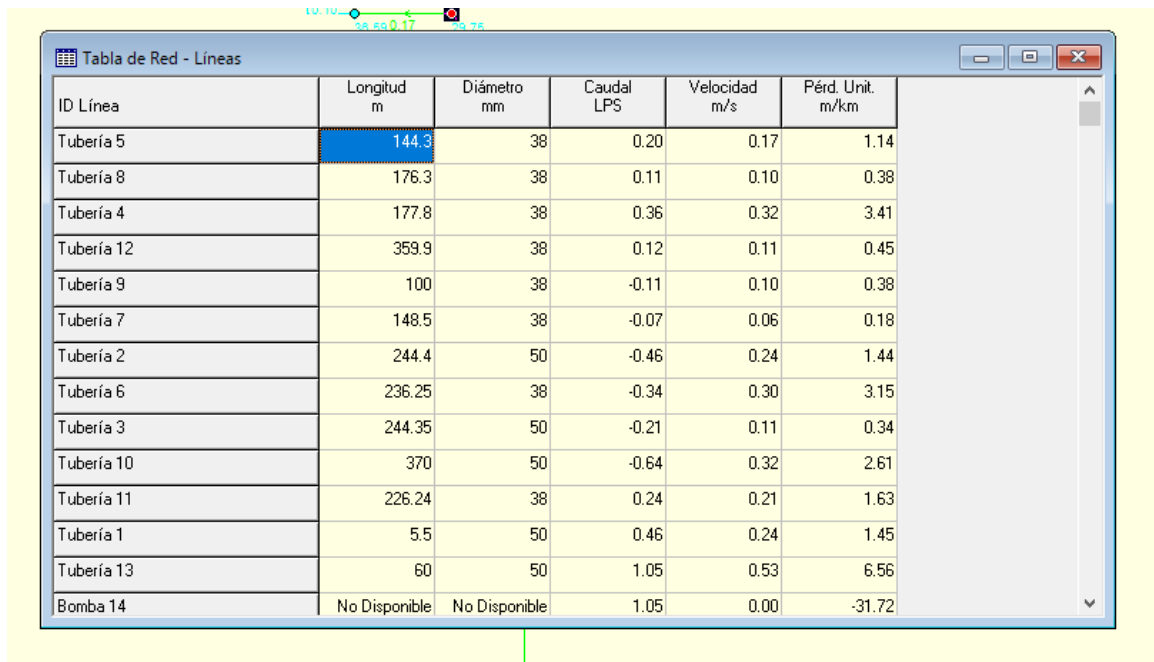
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 27: Presiones y velocidades



Fuente: Elaboración Propia

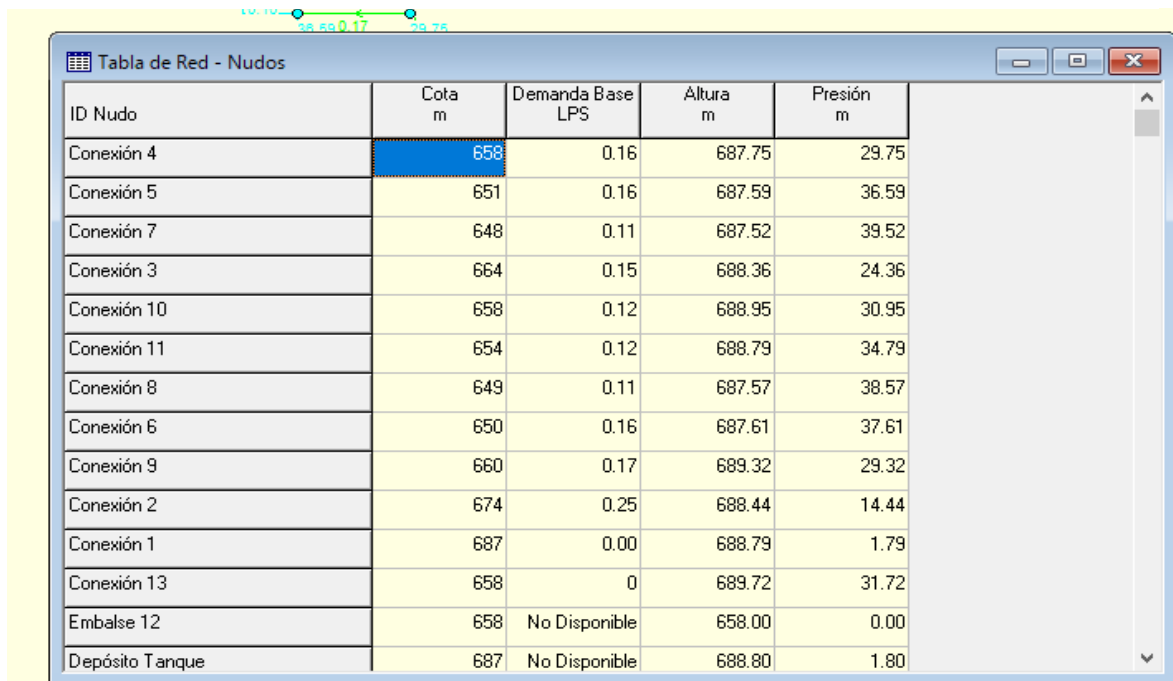
Ilustración 28: Tabla de velocidades



ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
Tubería 5	144.3	38	0.20	0.17	1.14
Tubería 8	176.3	38	0.11	0.10	0.38
Tubería 4	177.8	38	0.36	0.32	3.41
Tubería 12	359.9	38	0.12	0.11	0.45
Tubería 9	100	38	-0.11	0.10	0.38
Tubería 7	148.5	38	-0.07	0.06	0.18
Tubería 2	244.4	50	-0.46	0.24	1.44
Tubería 6	236.25	38	-0.34	0.30	3.15
Tubería 3	244.35	50	-0.21	0.11	0.34
Tubería 10	370	50	-0.64	0.32	2.61
Tubería 11	226.24	38	0.24	0.21	1.63
Tubería 1	5.5	50	0.46	0.24	1.45
Tubería 13	60	50	1.05	0.53	6.56
Bomba 14	No Disponible	No Disponible	1.05	0.00	-31.72

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 29: Tabla de presiones



ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
Conexión 4	658	0.16	687.75	29.75
Conexión 5	651	0.16	687.59	36.59
Conexión 7	648	0.11	687.52	39.52
Conexión 3	664	0.15	688.36	24.36
Conexión 10	658	0.12	688.95	30.95
Conexión 11	654	0.12	688.79	34.79
Conexión 8	649	0.11	687.57	38.57
Conexión 6	650	0.16	687.61	37.61
Conexión 9	660	0.17	689.32	29.32
Conexión 2	674	0.25	688.44	14.44
Conexión 1	687	0.00	688.79	1.79
Conexión 13	658	0	689.72	31.72
Embalse 12	658	No Disponible	658.00	0.00
Depósito Tanque	687	No Disponible	688.80	1.80

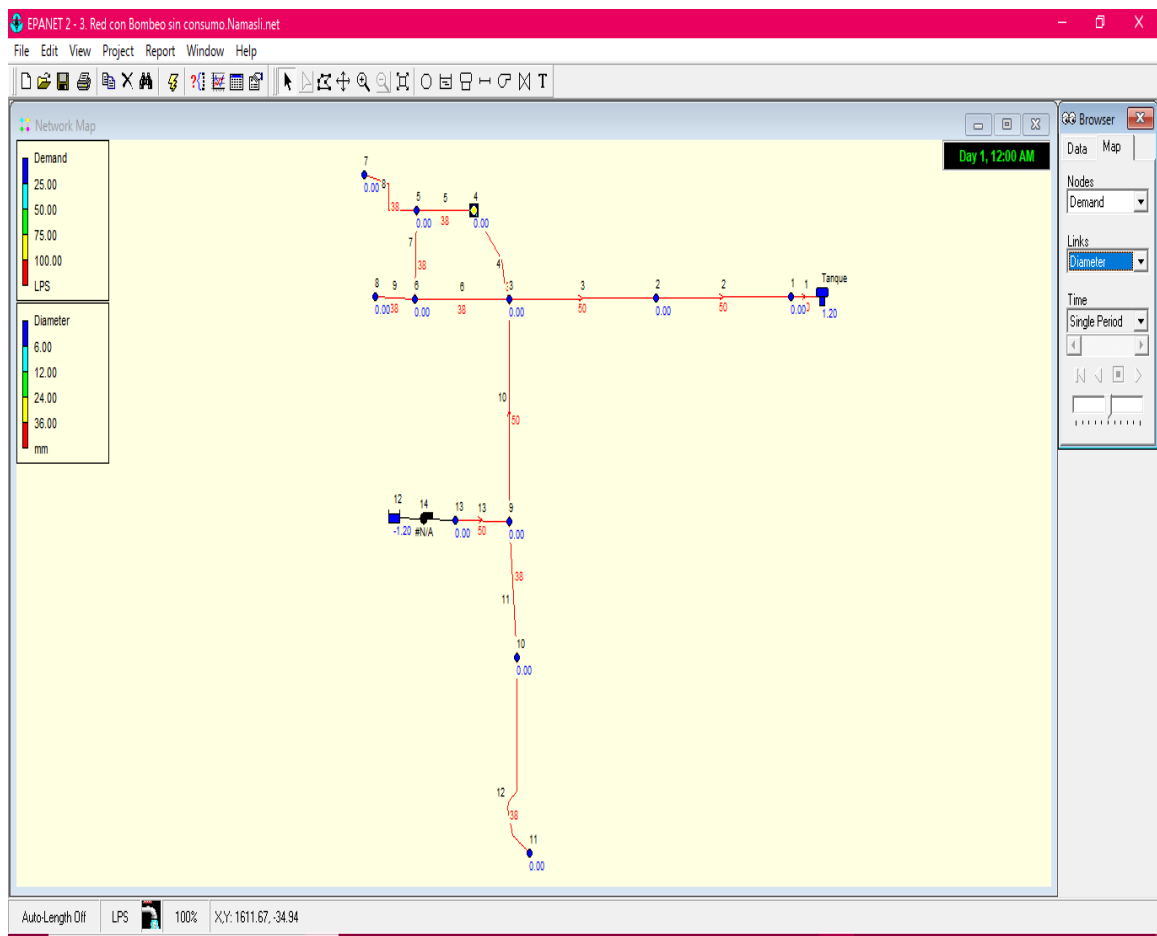
Fuente: Elaboración Propia

Según resultados de este análisis las presiones en la mayoría de los puntos son mayores que el caso anterior, resultando la máxima en el nodo 7 de 39.52 m y las velocidades todas son menores a 0.40 m/s con excepción del tramo 13 que da de 0.53 m/s.

5.6.2.2.2 Sin consumo en la red

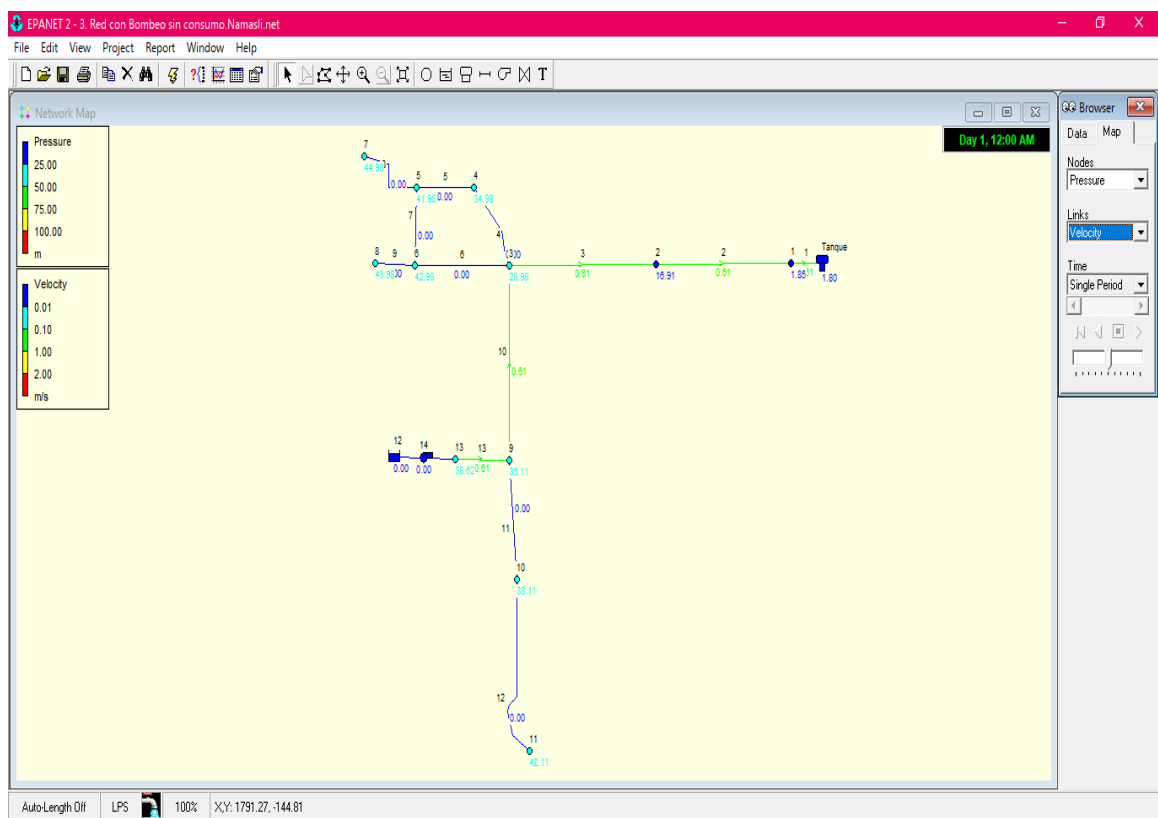
Los resultados que se presentan son los modelados para la condición: con bombeo sin consumo en la red (Ilustraciones 30, 31, 32 y 33).

Ilustración 30: Demanda base y diámetro



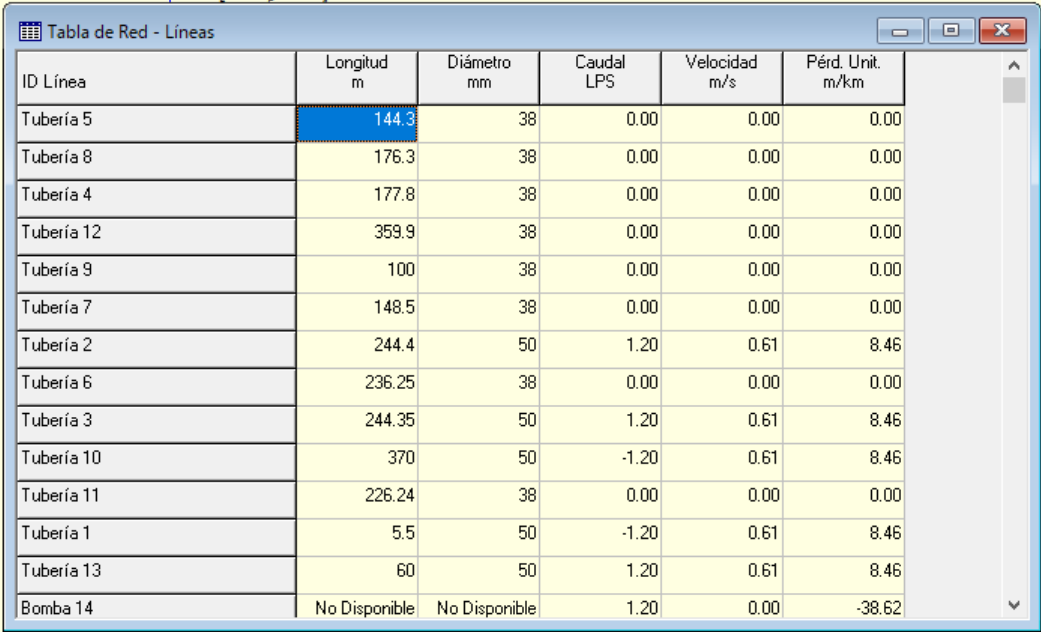
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 31: Presiones y velocidades



Fuente: Elaboración Propia

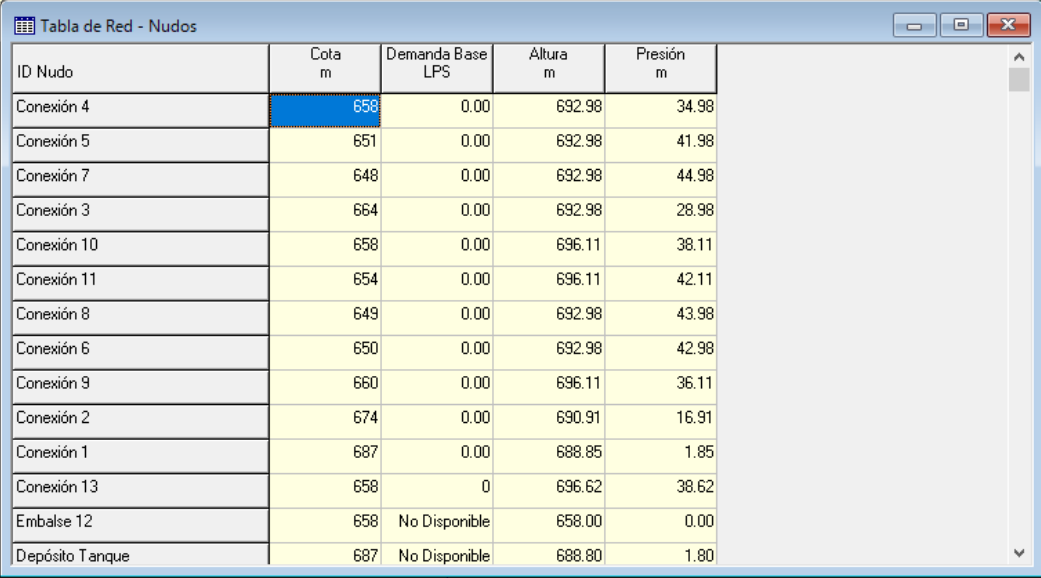
Ilustración 32: Tabla de velocidades y perdidas



ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
Tubería 5	144.3	38	0.00	0.00	0.00
Tubería 8	176.3	38	0.00	0.00	0.00
Tubería 4	177.8	38	0.00	0.00	0.00
Tubería 12	359.9	38	0.00	0.00	0.00
Tubería 9	100	38	0.00	0.00	0.00
Tubería 7	148.5	38	0.00	0.00	0.00
Tubería 2	244.4	50	1.20	0.61	8.46
Tubería 6	236.25	38	0.00	0.00	0.00
Tubería 3	244.35	50	1.20	0.61	8.46
Tubería 10	370	50	-1.20	0.61	8.46
Tubería 11	226.24	38	0.00	0.00	0.00
Tubería 1	5.5	50	-1.20	0.61	8.46
Tubería 13	60	50	1.20	0.61	8.46
Bomba 14	No Disponible	No Disponible	1.20	0.00	-38.62

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 33: Tabla de presiones



ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
Conexión 4	658	0.00	692.98	34.98
Conexión 5	651	0.00	692.98	41.98
Conexión 7	648	0.00	692.98	44.98
Conexión 3	664	0.00	692.98	28.98
Conexión 10	658	0.00	696.11	38.11
Conexión 11	654	0.00	696.11	42.11
Conexión 8	649	0.00	692.98	43.98
Conexión 6	650	0.00	692.98	42.98
Conexión 9	660	0.00	696.11	36.11
Conexión 2	674	0.00	690.91	16.91
Conexión 1	687	0.00	688.85	1.85
Conexión 13	658	0	696.62	38.62
Embalse 12	658	No Disponible	658.00	0.00
Depósito Tanque	687	No Disponible	688.80	1.80

Fuente: Elaboración Propia

Con este análisis dan como resultados las presiones mayores en todos los nodos siendo la máxima en el nodo 7 de 44.98m < 50.00 m y las velocidades de 0.61 m/s en toda la línea de la fuente al tanque y la sumatoria de pérdidas de ésta, es lo que tiene que vencer la bomba.

5.6.2.3 Comparación entre ambos sistemas de operación

En tabla 15, se presenta una comparación técnica y económica de ambas redes

Tabla 15: Comparación técnica de redes

Descripción	Unidades	Sistema Fuente-Tanque-Red	Sistema Fuente-Red – Tanque
Presión y velocidad			
Presión mínima	mca	12.06	14.44
Presión máxima	mca	34.97	39.52
Velocidad mínima	m/s	0.06	0.06
Velocidad máxima	m/s	0.77	0.61
Tuberías			
Diámetro de 1.5"	m	2971.16	2601.16
Diámetro de 2"	m	494.3	919.8
Línea de conducción $\Phi=50$ mm	m	766.4	-
Longitud total	m	4231.86	3520.96
Equipo			
CTD	pies	199.44	212.3
Potencia calculada	HP	1.44	1.53
Potencia propuesta		1.50	1.50

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con los resultados obtenidos en ambos sistemas, las presiones resultaron estar todas dentro del rango permisible establecido por las normas, en cuanto a las velocidades en las tuberías, la mayor parte son inferiores a la mínima permisible en las normas (0.40 m/s). Por lo tanto, es necesario que se preste particular atención al mantenimiento y limpieza de la red, para así evitar cualquier posibilidad de sedimentos que lleguen hasta los consumidores.

Después de haber analizado ambos escenarios hidráulicamente, se hace constar que los dos sistemas operativos podrían ser implementados dentro del proyecto, sin embargo, a como se presentó anteriormente en la tabla 15, la opción más

económica es el sistema FUENTE-RED-TANQUE, ya que la longitud de tubería en ambos diámetros se disminuye. Por ende, es la solución recomendada para la comunidad de Namasli.

5.7 Conexión de patio

Se instalarán 115 conexiones de patio con una tubería PVC de ½" de diámetro.

5.8 Almacenamiento

5.8.1 Volumen del tanque

$$V_T = 0.35 * 47.64 \frac{m^3}{dia} = 16.67 m^3$$

$$V_T = 4403.75 \text{ galones}$$

5.8.2 Altura y base del tanque

Con una constante de $k = 2$,

$$h = \frac{\frac{16.67 m^3}{100}}{3} + 2$$

$$h = 2.06 m$$

$$L = \sqrt{\frac{16.67 m^3}{2.06 m}}$$

$$L = 2.84 m$$

Se propone un tanque con capacidad de $18 m^3$ (4755.1 galones) de geometría trapezoidal con lado interno de 3 metros y altura de rebose de 2 metros.

5.9 Tratamiento y desinfección

Aun sin contar con los análisis bacteriológicos y físico químicos pertinentes, se propone una dosificación de hipoclorito de sodio (liquido), en base a lo establecido por las normas del INAA.

$$Ca = \frac{(128.59 \text{ m}^3/d) * (2 \text{ mg/lt})}{1000} = 0.26 \frac{\text{kg. cloro}}{\text{día}}$$

La aplicación al agua de la solución se efectuará mediante un hipoclorador de carga constante. A inicios del primer periodo de 10 años de la vida útil del proyecto, se deberá realizar una inspección detallada para verificar el funcionamiento de la unidad y si es necesario reemplazarla.

La dosificación deberá ser recalculada basado en los nuevos requerimientos, una vez se cumpla con la realización de todos los análisis del agua necesarios, o en otro caso deberá ser considerada una nueva alternativa de desinfección.

5.10 Resumen de Obras propuestas.

A continuación, se presentan las tablas 16, 17, 18 y 19 los resúmenes de todas las obras propuestas para llevar a cabo el proyecto de abastecimiento de agua potable en la comunidad de Namasli.

Tabla 16: Características del pozo propuesto

Pozo perforado	
Características	Resultados
Profundidad	200 pies
Diámetro de perforación	12"
Diámetro de tubería de revestimiento	PVC SDR26 φ 6" 120 pies
Rejilla de PVC ranurada	φ 6"
Empaque de grava	1/2" – 3/8"
Tubo de engrave	2 pies
Sello sanitario	20 pies
Base de concreto	0.8x0.8x1.3
Caudal de diseño	14.85 gpm

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17: Características de la bomba propuesta

Bomba sumergible	
Características	Resultados
Caudal de bombeo	3.38 m ³ /hr
Carga Total Dinámica (CTD)	212.3 pies
Potencia hidráulica (calculada)	0.8 hp
Potencia analítica	1.5 hp
Diámetro	2"
Eficiencia	60%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18: Características de la red de distribución propuesta

Red de distribución	
Características	Resultados
Diámetro de tubería	1.5"
Longitud	2,601.16 m
Diámetro de tubería	2"
Longitud	919.8 m
Longitud total de tubería	3,520.96 m
Volumen de excavación	880.24 m ³

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19: Características del tanque de almacenamiento propuesto

Tanque de almacenamiento	
Características	Resultados
Base mayor	4.5 m
Base menor	3.5 m
Altura de rebose	2 m
Altura total	2.30 m
Volumen de agua (m ³)	18

Fuente: Elaboración Propia

5.11 Costos de Obras propuestas.

El costo total de las obras del sistema de abastecimiento de agua potable en la comunidad de Namasli, asciende a US\$ 72, 611.21 (Setenta y dos mil seiscientos once dólares con 21 centavos). En el anexo VI. se muestra a detalle el presupuesto calculado, basado en la cuantificación y estimado de volúmenes de

obras, siendo congruentes con las etapas, subetapas y actividades constructivas y de desarrollo, valorando tanto costos directos como indirectos.

En la tabla 18 presentada a continuación se desglosa el presupuesto general por etapa del proyecto:

Tabla 20: Presupuesto general del proyecto

ETAPA	DESCRIPCIÓN	COSTO TOTAL
010	PRELIMINARES	C\$ 30,358.69
020	RED DE DISTRIBUCIÓN	C\$ 596,258.42
030	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	C\$ 386,583.04
040	FUENTES Y OBRAS DE TOMA	C\$ 809,279.13
COSTO TOTAL DEL PROYECTO		C\$ 1,822,479.27

Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Según estudio socioeconómico, se puede concluir que la comunidad de Namasli se encuentra en una etapa de evolución, donde el género predominante es el femenino y donde la mayoría de la población se encuentra en la edad adulta, entre 25 y 45 años. Por otro lado, la mayoría de las familias cuenta con algún tipo de ingreso económico que permite sustentar los gastos del hogar, destacando entre las actividades laborales la agricultura, principalmente en la plantación de tabaco. En cuanto a saneamiento, el mayor inconveniente de la población es la calidad y procedencia del agua, que actualmente proviene de un tanque ubicado en territorio hondureño.
2. Aunque la comunidad cuenta con diversas alternativas de explotación como fuente de abastecimiento, se optó por el uso de las aguas subterráneas a través de un pozo perforado que cuente con las capacidades necesarias para extraer satisfactoriamente el vital líquido ya que, en los resultados del estudio hidrogeológico de la comunidad, se confirma que el acuífero tiene los suficientes recursos para abastecer la demanda de la población de Namasli. Por tanto, se propuso un sistema MABE (Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico) ya que existe la disponibilidad de energía eléctrica y capacidad de pago de la población.
3. La topografía de la zona confirmó ser una mezcla entre terrenos que van de planos a ondulados, siempre predominando las zonas de poca pendiente. Los terrenos de las laderas y montañas se encuentran en las direcciones Norte y Este, rasgo característico de la Segovia Nicaragüense. En cuanto a los terrenos del valle, se identificaron los puntos donde podrían ser construidos tanto el pozo como el tanque, aprovechando una diferencia de altitud entre ambos.
4. En cuanto a las características del sistema que se encuentra actualmente en la comunidad, no se encontró información, ya que dicho sistema es administrado directamente desde el territorio hondureño. Por ende, la

propuesta en este documento es de una red nueva que tenga la capacidad necesaria para abastecer a toda la población.

5. El diseño hidráulico de los elementos propuestos para el sistema de abastecimiento, cumplen con las normativas de los entes reguladores. Dentro de las principales características de los elementos primordiales del sistema se tiene: un pozo perforado de 200 pies de profundidad y un diámetro de 12"; una bomba sumergible de 1.5 HP; un tanque de almacenamiento de 2 m de altura de rebose y una red de distribución con tuberías de diámetros de 2 y 1 ½ pulgadas.
6. Después de haber analizado los resultados obtenidos en los modelados de EPANET, en los cuales se compararon los sistemas de operación FUENTE-RED-TANQUE y FUENTE-TANQUE-RED para la condición más crítica, se concluyó que aun cuando ambos presentaron valores por debajo de los límites mínimos requeridos en cuanto a velocidad, el mejor escenario se obtuvo bajo el sistema FUENTE-RED-TANQUE, este económicamente es más factible, y cumple en su mayoría con los criterios técnicos, de rangos mínimos y máximos definidos en las Normas. A partir de estos valores, se pudo determinar cuáles eran los tramos críticos en donde se debe prestar más atención y colocar válvulas de limpieza que permitan el buen funcionamiento de todo el sistema.
7. Desde el aspecto económico, se analizaron los costos de construcción, energía y operación de los dos sistemas propuestos. En el caso del sistema FUENTE-TANQUE-RED, se logró apreciar un ahorro de aproximadamente C\$ 2,000 anuales en energía eléctrica (que para el periodo de diseño de 20 años resultó ser aproximadamente de \$1,216.23). Sin embargo, para el sistema FUENTE-RED-TANQUE, en base al costo general del proyecto calculado, se obtuvo un ahorro del 18% (\$72,611.51) en comparación con el presupuesto realizado para el sistema FUENTE-TANQUE-RED (\$78,205.83)

Recomendaciones

- ✓ Primordialmente se recomienda realizar las pruebas de bombeo pertinentes, no solo para confirmar la capacidad y soporte del acuífero, sino también, para poder extraer las muestras de agua que se necesitan para llevar a cabo el análisis físico químico y bacteriológico y así determinar si cumple con las características para el consumo humano. A través de las pruebas de bombeo se verificarán todas las características del acuífero y podrán corregirse los datos en base a estos, si se estima conveniente.
- ✓ Es necesario implementar un sistema de recolección de basura, que le permita a la población desechar los residuos de manera segura y sin comprometer el medio ambiente.
- ✓ Realizar un estudio de impacto ambiental, por la construcción de obras propuestas, con el fin de determinar el efecto que estas tendrán dentro del medio ambiente circundante.
- ✓ Se recomienda eliminar focos de contaminación en un radio mínimo de 30 metros de la fuente y tanque, con el objetivo de proteger la calidad de las aguas.
- ✓ También se considera necesario crear un sistema de manejo de aguas servidas dentro de la comunidad, que permita a la población desechar de manera segura las aguas negras y no contamine las fuentes de abastecimiento presentes en el lugar.
- ✓ Llevar a cabo un estudio de suelos, en el predio propuesto para el tanque de almacenamiento, para así poder confirmar la capacidad de soporte del mismo.
- ✓ Realizar un replanteo topográfico de toda la comunidad, ya que en la actualidad no se cuenta con documentos completos con dicha información.
- ✓ Ejecutar labores de limpieza y desinfección en el tanque de almacenamiento cada seis meses, que incluyan chequeos de todos los accesorios de la sarta y bomba.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alcaldía Municipal de Jalapa, Municipio de Nueva Segovia.
2. Banco Central de Nicaragua. (2016). Cartografía Digital y Censo de Edificaciones. Managua: BCN.
3. Banco Internacional de Reconstrucción y Desarrollo/ BANCO MUNDIAL. (2008). Nicaragua: Informe sobre la pobreza 1993-2005. Washington, D.C.: BANCO MUNDIAL.
4. Bidault, O. (28 de junio de 2016). Waterlogic. Obtenido de <https://www.waterlogic.es/blog/que-factores-determinan-la-calidad-del-agua/>
5. Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda [Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating first addendum]. Ginebra: Organización Mundial de la Salud; 2018. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
6. Ing. Eddie M. González y Asociados. (2013). Recursos de Agua en la Comunidad de Namasli: Con énfasis en los recursos de agua para consumo humano. Jalapa.
7. Instituto Nacional de Información de Desarrollo. (2008). Jalapa en Cifras. Managua: INIDE.
8. Lira, A. L. (24 de mayo de 2017). La Prensa/ Departamentales. Agua se escasea en comunidades de Jalapa.
9. OMS/UNICEF. (30 de junio de 2015). Organización Mundial de la Salud. Obtenido de <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/jmp-report/es/>
10. Organización Panamericana de la Salud. (1988). Guías para la Calidad del Agua Potable. Volumen 3: Contro de la calidad del agua potable en sistemas

de abastecimientos para pequeñas comunidades. Washington, D.C.: Organización Panamericana de la Salud.

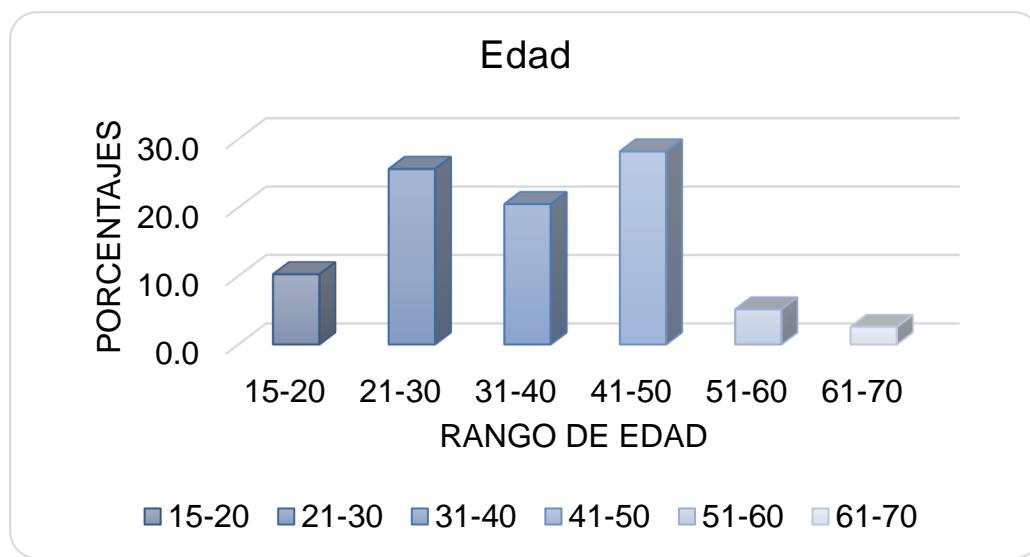
11. Osseiran, N. (12 de Julio de 2017). Organización Mundial de la Salud. Obtenido de <http://www.who.int/es/news-room/detail/12-07-2017-2-1-billion-people-lack-safe-drinking-water-at-home-more-than-twice-as-many-lack-safe-sanitation>
12. Pérez, D. C. (2005). Estudio Hidrogeológico del Funcionamiento del Acuífero de Estelí. Managua: Centro para la Investigación de Recursos Acuáticos de Nicaragua.
13. Solórzano, J. S. (2017). Ejercicios prácticos en Epanet: Ejercicios básicos de mecánica de fluidos e hidráulica aplicados a través del software de distribución gratuita EPANET 2.0. Bogotá, Colombia: Universidad Piloto de Colombia.

ANEXOS

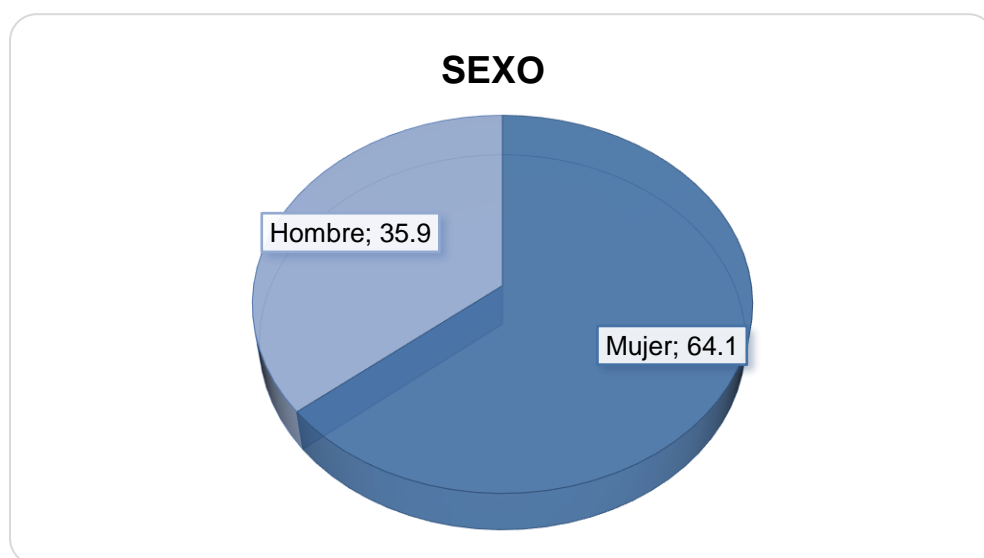
ANEXO I. Resultados de la encuesta socioeconómica

I.I Población

I.I.I Edad

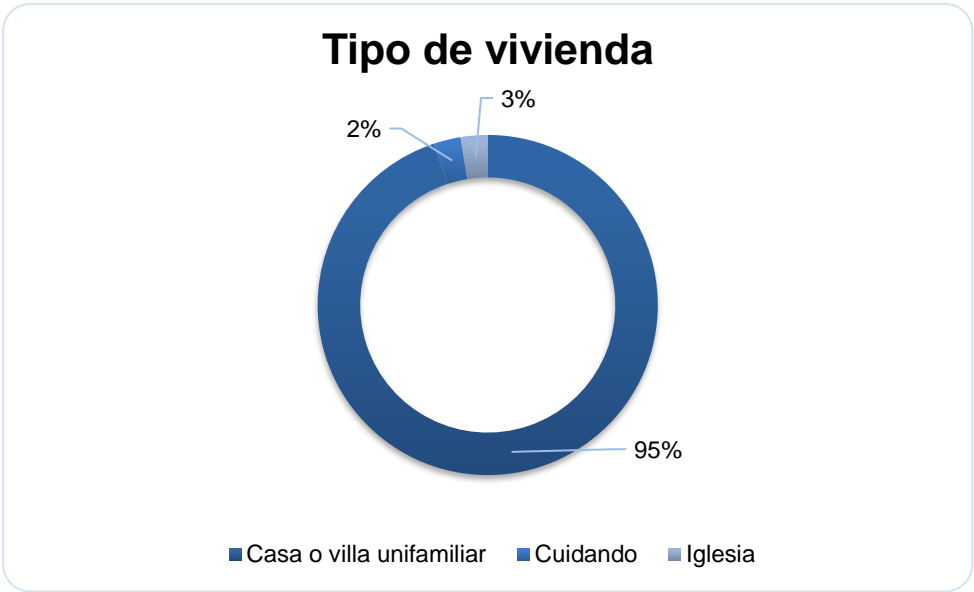


I.I.II Sexo

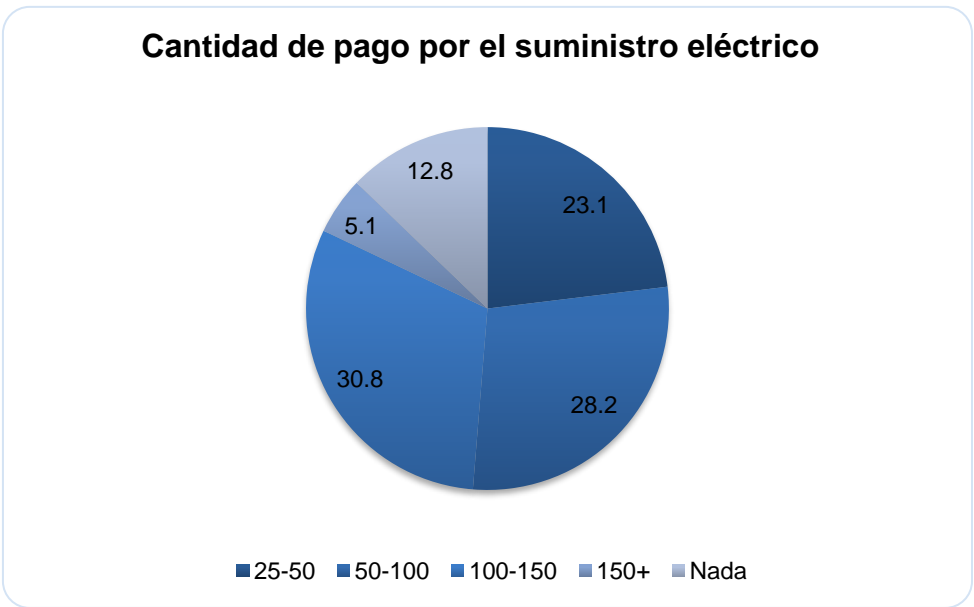


I.II Vivienda

I.II.I Tipo de vivienda

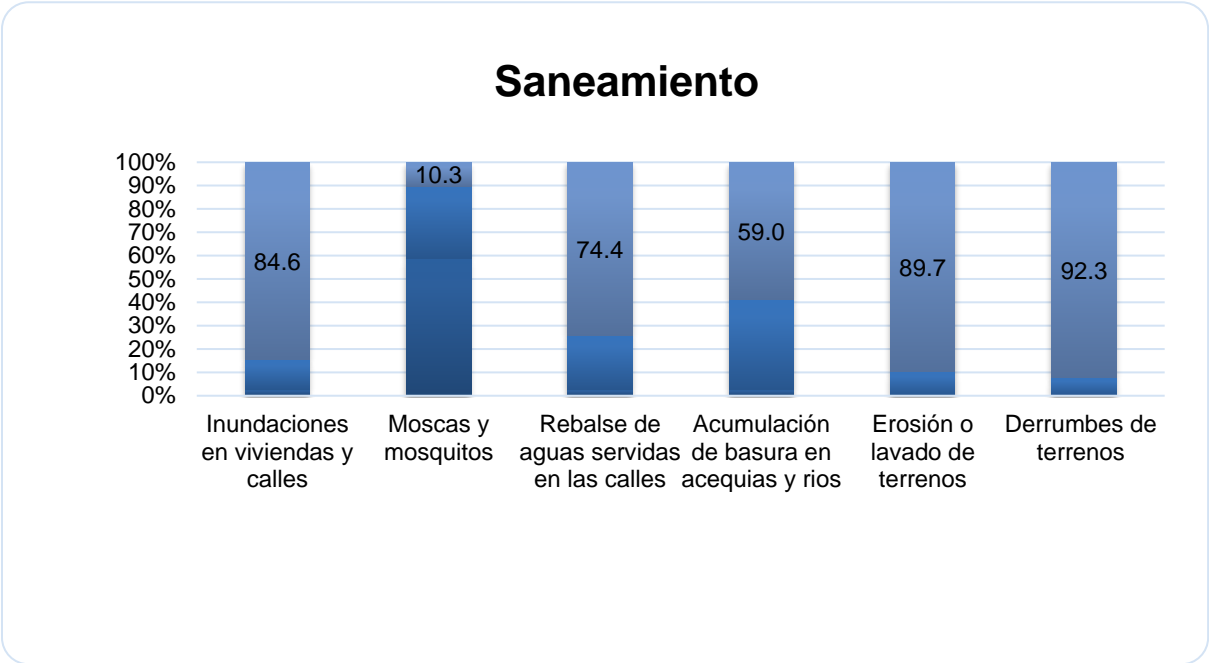


I.III Energía

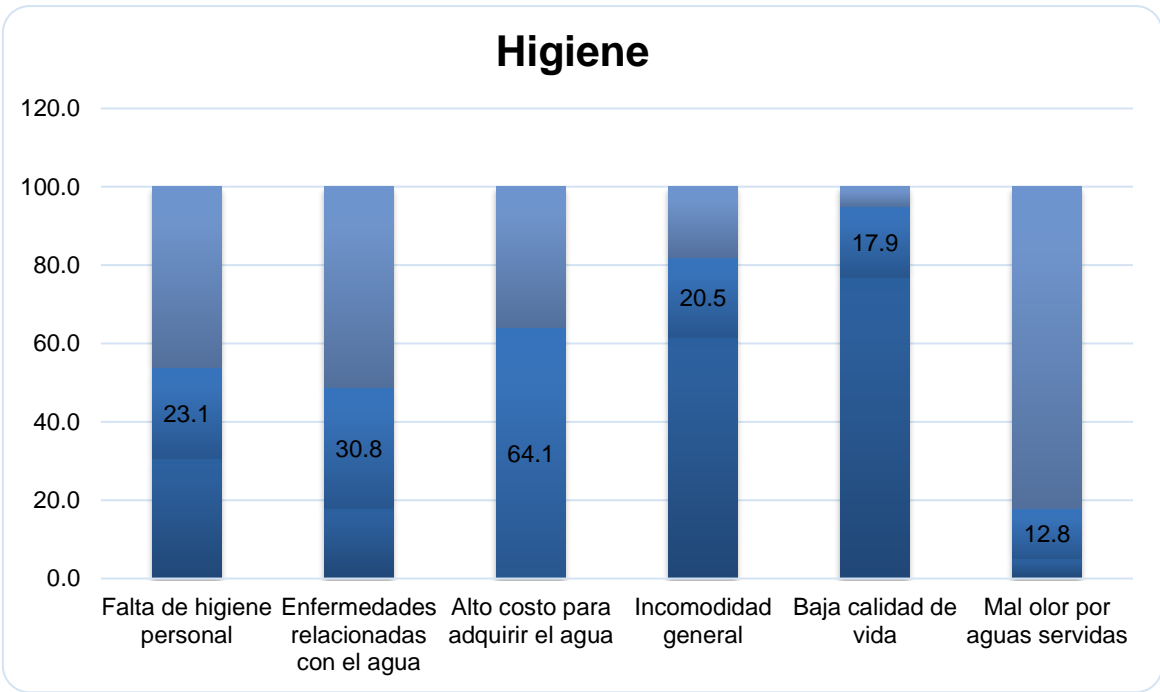


I.IV Saneamiento e Higiene

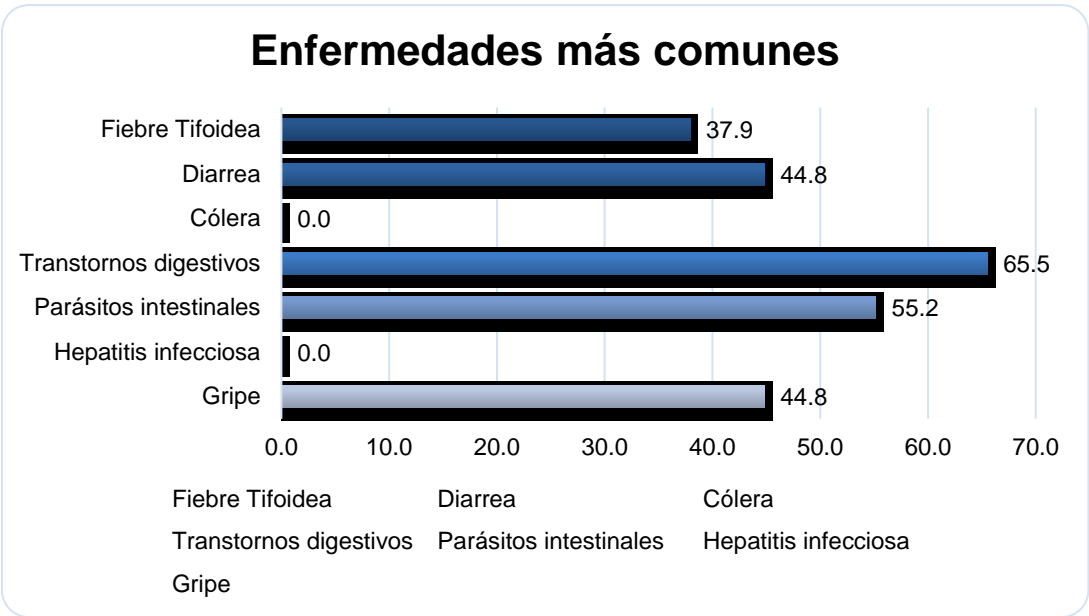
I.IV.I Saneamiento



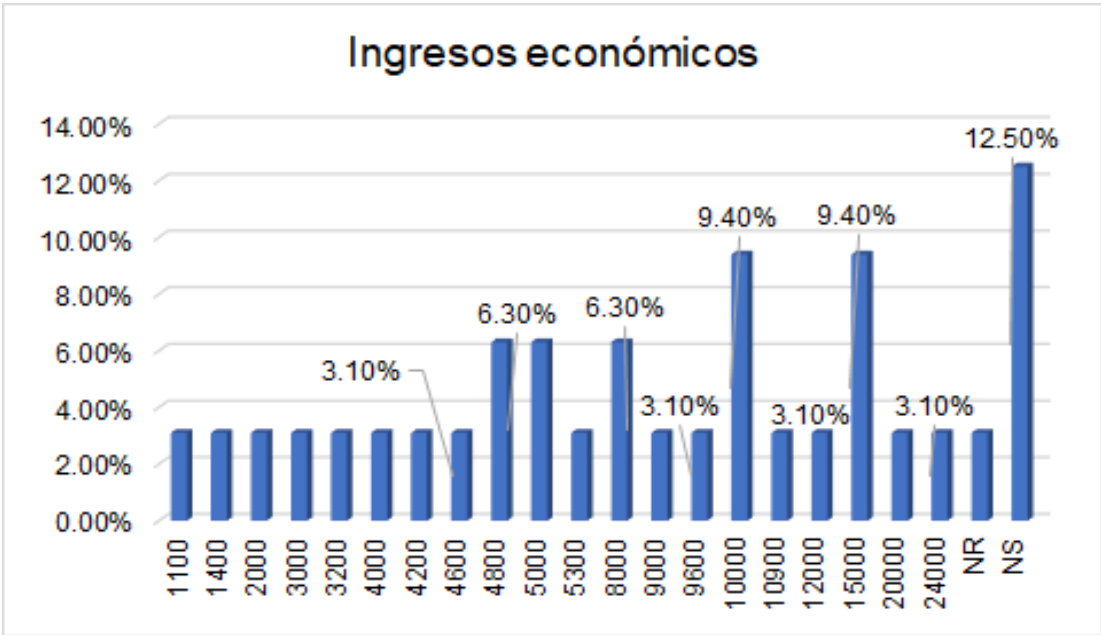
I.IV.II Higiene



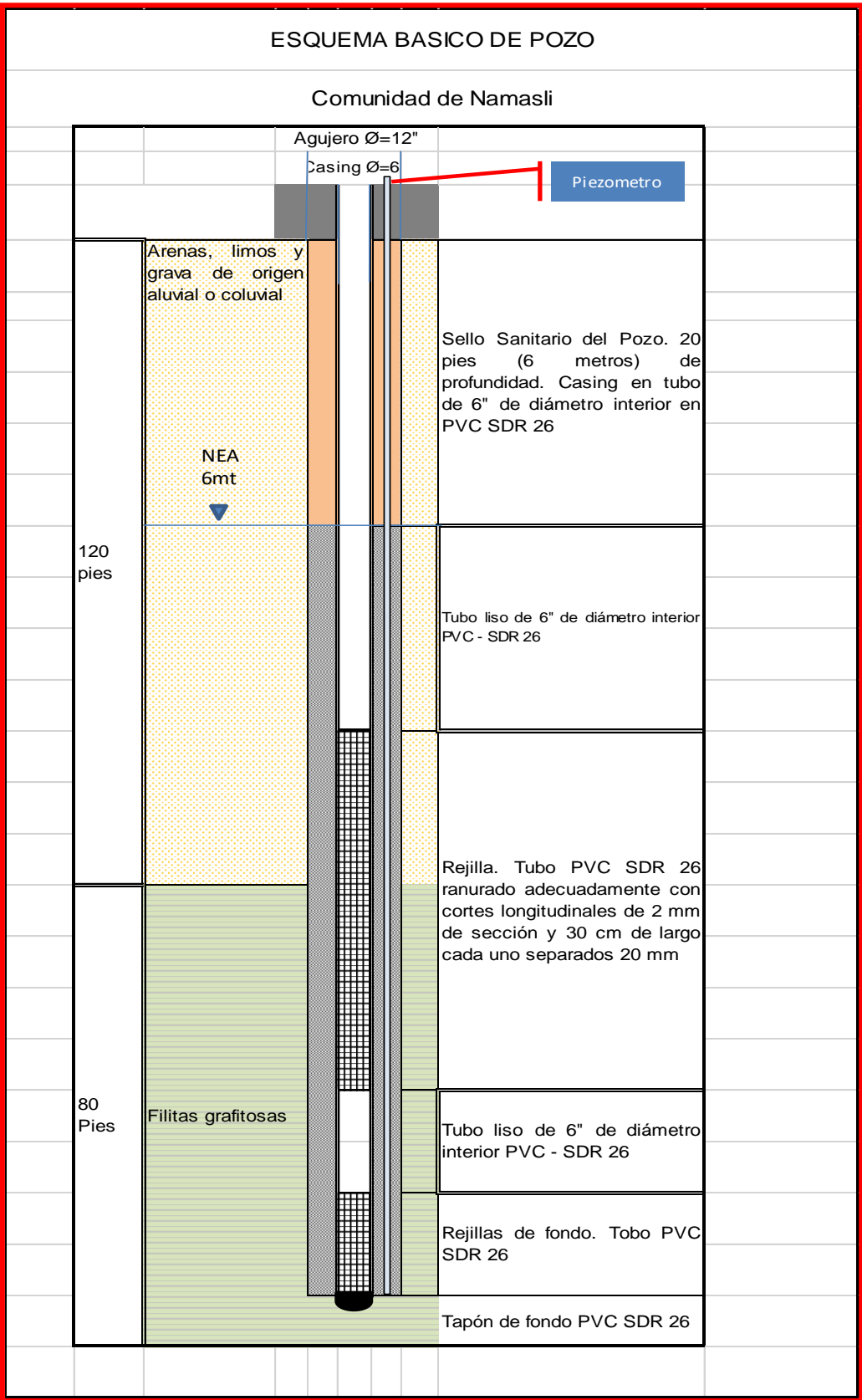
I.V Enfermedades más comunes



I.VI. Ingreso económico



ANEXO II. Esquema básico del pozo propuesto



ANEXO III. Especificaciones técnicas del equipo de bombeo

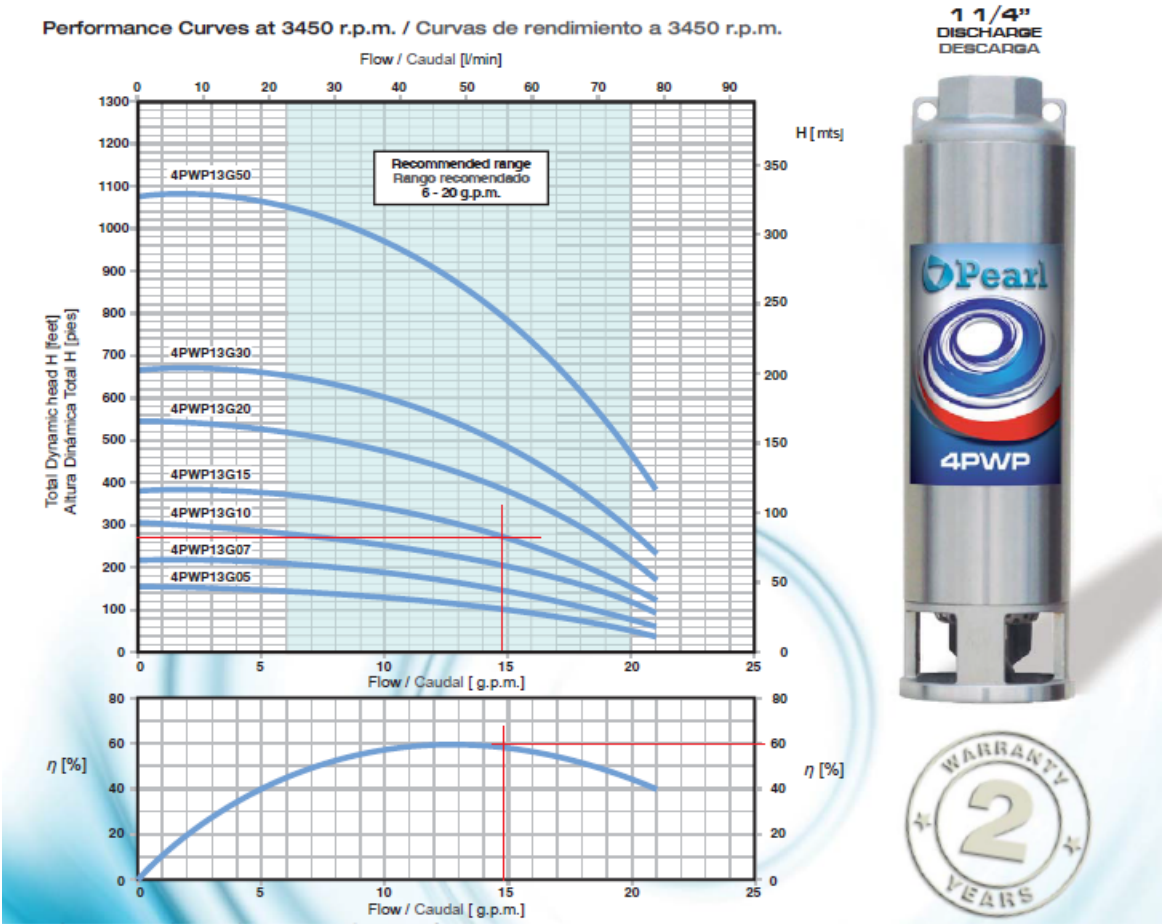
III.I. Especificaciones técnicas

Selection Chart / Tabla de Selección

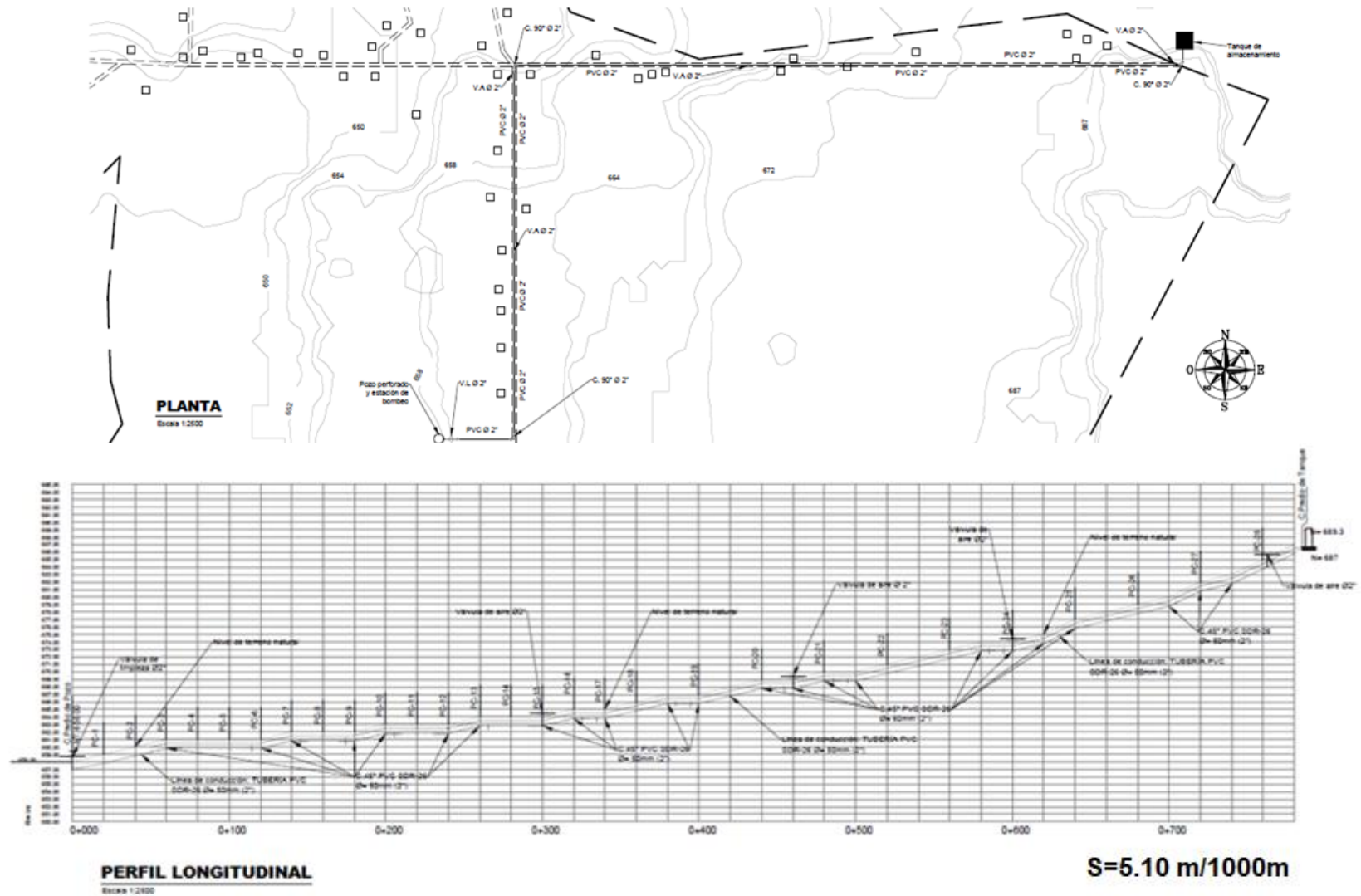
MODEL MODELO	STAGES / ETAPAS	MOTOR		Q = FLOW / CAUDAL																								PUMP END HIDRAULICA			
				l/min												gpm															
		0	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	0	2.6	4.0	5.3	6.6	7.9	9.3	10.6	13.2	15.9	18.5	21.2						
		KW	HP	H = TOTAL HEAD IN METERS / FEET ALTURA DINAMICA TOTAL EN METROS / PIES																								LENGTH ALTURA		WEIGHT PESO	
				m	ft	m	ft	m	ft	m	ft	m	ft	m	ft	m	ft	m	ft	m	ft	m	ft	m	ft	mm	in	kgs	lbs		
4PWP13G05	5	0.37	0.5	47	154	46	151	45	148	44	144	43	141	42	138	40	131	39	128	34	112	28	92	21	69	12	39	236	9.3	2.5	5.5
4PWP13G7	7	0.55	0.75	67	220	66	216	65	213	64	210	62	203	61	200	59	194	57	187	50	164	41	134	31	102	19	62	271	10.7	2.8	6.2
4PWP13G10	10	0.75	1	94	308	93	305	91	298	89	292	87	285	85	279	81	266	78	256	69	226	58	190	45	148	28	92	324	12.8	3.2	7.1
4PWP13G15	12	1.1	1.5	116	380	115	377	114	374	113	371	111	364	109	358	106	348	102	335	91	298	78	256	60	197	38	125	359	14.1	3.5	7.7
4PWP13G20	17	1.5	2	165	541	164	538	163	535	160	525	156	512	154	505	148	485	143	469	128	420	109	358	83	272	53	174	447	17.6	4.3	9.5
4PWP13G30	21	2.2	3	204	669	203	666	202	663	199	653	195	640	193	633	187	613	180	590	162	531	139	456	110	361	72	236	519	20.4	5.0	11.1
4PWP13G50	35	3.7	5	327	1073	325	1066	323	1059	320	1050	316	1036	312	1023	304	997	292	958	264	866	223	731	175	574	117	384	803	31.6	7.6	17

9

III.II. Curva característica



ANEXO IV. Línea de conducción de sistema FUENTE-TANQUE-RED



ANEXO V. Costo y presupuesto

PRESUPUESTO							
COMUNIDAD: NAMASLI - JALAPA							
PROYECTO: DISEÑO DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN, TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y RED DE DISTRIBUCIÓN							
DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA.	U/M	CANT. MATERIALES	VALOR UNITARIO MATERIALES	COSTO DE MATERIALES	COSTO MANO DE OBRA	COSTO DE TRANSPORTE	COSTO TOTAL
					0.3	0.15	C\$
PRELIMINARES	GLB	1.00			6,281.11	3,140.55	30,358.69
LIMPIEZA INICIAL	M²	325.00		1,300.00	390.00	195.00	1,885.00
LIMPIEZA INICIAL PREDIO DE CAPTACIÓN	M²	100.00	4.00	400.00	120.00	60.00	580.00
LIMPIEZA INICIAL LINEA DE CONDUCCIÓN	M²			-	0.00	0.00	0.00
LIMPIEZA INICIAL PREDIO DEL TANQUE	M²	225.00	4.00	900.00	270.00	135.00	1,305.00
TRAZO Y NIVELACIÓN	ML	4,287.36		19,637.03	5,891.11	2,945.55	28,473.69
TRAZO Y NIVELACIÓN PARA TUBERÍAS	ML	766.40	4.58	3,511.03	1,053.31	526.65	5,091.00
TRAZO Y NIVELACIÓN PARA RED	ML	3,520.96	4.58	16,126.00	4,837.80	2,418.90	23,382.70
RED DE DISTRIBUCIÓN	ML	3,520.96		411,212.70	123,363.81	61,681.91	C\$ 596,258.42
EXCAVACIÓN PARA TUBERIA	M³	880.24	250.00	220,060.00	66,018.00	33,009.00	319,087.00
EXCAVACIÓN EN ZANJA TN (W 0.50. PROF. 0.50 M)	M³	880.24	250.00	220,060.00	66,018.00	33,009.00	319,087.00
TUBERIA DE 1 1/2" DE DIÁMETRO	ML	2,601.16		83,237.12	24,971.14	12,485.57	120,693.82
TUBERIA DE PVC Diám.=1 1/2" (SDR-26) (NO INCL. EXCAVACION) Y ACSESORIOS	ML	2,601.16	32.00	83,237.12	24,971.14	12,485.57	120,693.82
TUBERIA DE 2" DE DIÁMETRO	ML	919.80		44,150.40	13,245.12	6,622.56	64,018.08
TUBERIA DE PVC Diám.=2" (SDR-26) (NO INCL. EXCAVACION) Y ACSESORIOS	ML	919.80	48	44150.4	13245.12	6,622.56	64018.08
RELLENO Y COMPACTACIÓN	M³	2,111.28	30.20	63,765.18	19,129.55	9,564.78	92,459.51
RELLENO Y COMPACTACIÓN MANUAL	M³	2,111.28	30.20	63,765.18	19,129.55	9,564.78	92,459.51
TANQUE DE ALMACENAMIENTO	M²	21.00		266,608.99	79,982.70	39,991.35	386,583.04
MOV. DE TIERRA P/TANQUE DE ALMACENAMIENTO				19,299.27	5,789.78	2,894.89	27,983.95
DESCAPOTE MANUAL	M²	9.00	42.71	384.41	115.32	57.66	557.40
CORTE DE TIERRA MANUAL	M²	120.00	43.02	5,162.22	1,548.67	774.33	7,485.22
RELLENO Y COMPACTACIÓN MANUAL	M²	120.00	30.20	3,624.26	1,087.28	543.64	5,255.18
ACARREO DE MAT. SELECTO	M²	156.00	27.31	4,260.83	1,278.25	639.12	6,178.20
BOTAR MAT. SOBRANTE DE EXC. A 100 M (MANUAL)	M²	156.00	37.61	5,867.55	1,760.27	880.13	8,507.95
TANQUE DE ALMACENAMIENTO	M²	26.95		212,767.50	63,830.25	31,915.13	308,512.88
TANQUE DE CONC. REFORZADO SOBRE SUELO Cap. = 26.95 m3 P/A/P	C/U	1.00	212,767.50	212,767.50	63,830.25	31,915.13	308,512.88
OTRO TIPO DE OBRAS	GLB	1.00		20,260.22	6,078.06	3,039.03	29,377.31
TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO Diám.= 3" (RESPIRADERO)	C/U	1.00	1,610.00	1,610.00	483.00	241.50	2,334.50
TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO Diám.= 2" (ENTRADA AL TANQUE)	C/U	2.00	1,752.00	3,504.00	1,051.20	525.60	5,080.80
TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO Diám.= 4" (LIMPIEZA DE TANQUE)	C/U	12.00	373.89	4,486.72	1,346.01	673.01	6,505.74
TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO Diám.= 3" (REBOSADERO)	C/U	2.00	1,610.00	3,220.00	966.00	483.00	4,669.00
CODO DE HIERRO GALVANIZADO Diám.= 3" X 45° EXTREMOS ROSCADOS	C/U	2.00	470.00	940.00	282.00	141.00	1,363.00
CODO DE HIERRO GALVANIZADO Diám.= 3" X 90° EXTREMOS ROSCADOS	C/U	3.00	225.00	675.00	202.50	101.25	978.75
TEE DE HIERRO GALVANIZADO Diám.= 3" EXTREMOS ROSCADOS	C/U	2.00	475.00	950.00	285.00	142.50	1,377.50
VÁLVULA DE PASE DE Diám.= 2" BRONCE CON ROSCA HEMBRA	C/U	4.00	185.00	740.00	222.00	111.00	1,073.00
UNIÓN DRESSER PARA TUBO PVC Y HG	C/U	1.00	1,342.50	1,342.50	402.75	201.38	1,946.63
VÁLVULA DE PASE DE Diám.= 2" BRONCE CON ROSCA HEMBRA (LIMPIEZA DEL TANQUE)	C/U	1.00	372.00	372.00	111.60	55.80	539.40
VÁLVULA DE PASE DE Diám.= 2" BRONCE CON ROSCA HEMBRA (BY-PASS)	C/U	1.00	185.00	185.00	55.50	27.75	268.25
TEE DE HIERRO GALVANIZADO Diám.= 3" EXTREMOS ROSCADOS (SALIDA DEL TANQUE)	C/U	1.00	475.00	475.00	142.50	71.25	688.75
CODO DE HIERRO GALVANIZADO Diám.= 3" X 90° EXTREMOS ROSCADOS (REBOSADERO)	C/U	3.00	380.00	1,140.00	342.00	171.00	1,653.00
CODO DE HIERRO GALVANIZADO Diám.= 4" X 90° EXTREMOS ROSCADOS (LIMPIEZA DEL TANQUE)	C/U	1.00	620.00	620.00	186.00	93.00	899.00
CERCAS PERIMETRALES Y PORTONES	C/U	1.00		14,282.00	4,284.60	2,142.30	20,708.90
CERCO ALAMB/ PUAS 8 H. POSTE DE CONCRETO Y PUERTA DE MALLA CICLÓN CAL. #12 DEMADE	C/U	1.00	14,282.00	14,282.00	4,284.60	2,142.30	20,708.90
FUENTES Y OBRAS DE TOMA	C/U	1.00	247,659.38	558,123.54	167,437.06	83,718.53	809,279.13
OBRA DE CAPTACION	C/U	1.00	247,659.38	247,659.38	74,297.81	37,148.91	359,106.10
POZO PROPUESTO, PERFORACION, SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA, LIMPIEZA Y DESARR	C/U	1.00	247,659.38	247,659.38	74,297.81	37,148.91	359,106.10
ESTACION DE BOMBEO	C/U	1.00	177,538.96	177,538.96	53,261.69	26,630.84	257,431.49
MOTOR, BOMBA, CAJA DE CONTROL, MANOMETRO DE PRESION Y SU SARTA DE TUBO REDONDO C	C/U	1.00	177,538.96	177,538.96	53,261.69	26,630.84	257,431.49
CASETA DE CONTROL	M2	16.15		48,243.06	14,472.92	7,236.46	69,952.43
CASETA DE MAMPOST. (INC. ESTRUCTURA METALICA DE TECHO, Y CUBIERTA DE ZINC CORRUG. CA	C/U	1.00	45,955.20	45,955.20	13,786.56	6,893.28	66,635.04
BAJANTE DE TUBO DE PVC DE 4" DE DIAMETRO	MTS	3.00	254.85	764.56	229.37	114.68	1,108.61
CANAL DE DRENAJE PARA TECHO DE PVC 4" DIAMETRO	ML	5.50	276.96	1,523.30	456.99	228.49	2,208.78
INSTALACIONES ELECTRICAS	C/U	1.00		74,327.14	22,298.14	11,149.07	107,774.36
POSTE DE CONC. PRETENSADO PARA ELECTRICIDAD	C/U	1.00	13,124.00	13,124.00	3,937.20	1,968.60	19,029.80
LUMINARIA TIPO HONGO 175W, 240 EN POSTE TUBO HN 2"	C/U	1.00	1,100.00	1,100.00	330.00	165.00	1,595.00
APAGADOR DOBLE DE 15 AMP/120V CON PLACA M. DE 2 HOYOS	C/U	1.00	82.00	82.00	24.60	12.30	118.90
CAJA DE REGISTRO ELECTRICA DE EMT DE 2" X 4"	C/U	2.00	25.00	50.00	15.00	7.50	72.50
CAJA DE REGISTRO ELECTRICA DE EMT DE 2" X 4"	C/U	3.00	24.00	72.00	21.60	10.80	104.40
TUBO CONDUIT FLEXIBLE DE 1/2" FORRADO	C/U	2.00	8.00	16.00	4.80	2.40	23.20
ALAMBRE ELECTRICO DE COBRE FORRADO DE #12 AWG	ML	45.00	12.50	562.50	168.75	84.38	815.63
ALAMBRE ELECTRICO DE COBRE FORRADO DE #10 AWG	ML	57.00	58.00	3,306.00	991.80	495.90	4,793.70
BREAKER DE 1x20 AMPERIOS	C/U	4.00	213.00	852.00	255.60	127.80	1,235.40
ALAMBRE ELECTRICO DE COBRE FORRADO Nº 14 AWG	ML	25.00	85.00	2,125.00	637.50	318.75	3,081.25
LUMINARIA FLUORESCENTE DE 1 X22 W P/TECHO	C/U	2.00	260.00	520.00	156.00	78.00	754.00
VAS-1: RAMAL PRIMARIO, 15 KV	C/U	1.00	2,664.40	2,664.40	799.32	399.66	3,863.38
VA-5: REMATE SENCILLO, 15 KV	C/U	1.00	1,429.78	1,429.78	428.93	214.47	2,073.18
CABLE DE ALUMINIO 3x2 ACSR-ASC	ML	160.00	53.00	8,480.00	2,544.00	1,272.00	12,296.00
TRANSFORMADOR DE 10 KVA, 7.6/13.2 kv 120/240 v (INCL. ESTRUCTURA) C/U	C/U	1.00	26,432.00	26,432.00	7,929.60	3,964.80	38,326.40
POLO A TIERRA CON VARILLA COPPERWELD D=5/8", L=10'	C/U	1.00	625.46	625.46	187.64	93.82	906.92
CANALIZACION ELECTRICA DE PVC. 1 1/2"	C/U	2.00	73.00	146.00	43.80	21.90	211.70
CANALIZACION ELECTRICA DE EMT DE 1 1/2"	C/U	1.00	160.00	160.00	48.00	24.00	232.00
TOMA CORRIENTE DOBLE POLAR. DE 15 AMP/120V CON PLACA M.	C/U	2.00	60.00	120.00	36.00	18.00	174.00
D1-1: RETENIDA SENC. C/PERNO GUARDACABO Y ANCL	C/U	1.00	1,893.00	1,893.00	567.90	283.95	2,744.85
ALAMBRE ELECTRICO SOLIDO Nº 4 THHN	PIES	215.00	27.00	5,805.00	1,741.50	870.75	8,417.25
M2-1 : POLO A TIERRA CON VARILLA DE 5/8" X 8"	C/U	1.00	342.00	342.00	102.60	51.30	495.90
PARARRAYOS DE 15KV	C/U	1.00	1,406.00	1,406.00	421.80	210.90	2,038.70
VA-1 SOPORTE SENCILLO ANGULO Ø A 5º, 14.4/24.9 KV	C/U	1.00	1,624.00	1,624.00	487.20	243.60	2,354.80
CAVAVERA EMT DE 1 1/2"	C/U	1.00	115.00	115.00	34.50	17.25	166.75
PANEL MONOFASICO 125 AMP. 120/240V. 8 ESPACIOS	C/U	1.00	1,275.00	1,275.00	382.50	191.25	1,848.75

OTROS TIPOS DE OBRAS	CU	1.00		10,355.00	3,106.50	1,553.25	15,014.75
CEMENTO 3000 PSI PARA (BLOQUES DE REACCIÓN, CAJA DE BY-PASS)	BOLSA	8.00	230.00	1,840.00	552.00	276.00	2,668.00
ARENA TIPO MOTASTEPE (BLOQUES REACCIÓN, CAJA DE BY-PASS)	M³	0.50	480.00	240.00	72.00	36.00	348.00
PIEDRA TRITURADA DE 3/4" PARA CONCRETO 3000 PSI (BLOQUES DE REACCION)	M³	0.70	750.00	525.00	157.50	78.75	761.25
HIERRO CORRUGADO DE Diam.= 3/8" ESTÁNDAR	QQ	1.00	1,245.00	1,245.00	373.50	186.75	1,805.25
LADRILLO ROJO DE 5X12X25cms (CAJA DE BY-PASS)	CU	400.00	2.80	1,120.00	336.00	168.00	1,624.00
ACERO CORRUGADO DE Diam.= 1/2" ESTÁNDAR (PELDAÑOS PARA TANQUE)	QQ	3.00	1,295.00	3,885.00	1,165.50	582.75	5,633.25
TAPA PARA TANQUE	CU	1.00	1,500.00	1,500.00	450.00	225.00	2,175.00
TOTALES			CORDOBAS		377,064.68	188,532.34	1,822,479.27
COSTO DE PROYECTO			DOLARES		11,464.97	5,732.49	55,414.04
						\$	72,611.51



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION** hace constar que:

CASTILLO MUÑOZ ELIZABETH DEL CARMEN

Carne: **2013-61051** Turno **Diurno** Plan de Estudios **97-15** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERIA CIVIL**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los diez días del mes de junio del año dos mil diecinueve.

Atentamente,

Dr. Francisco Efraín Chamorro Blandón
Secretario de Facultad





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION hace constar que:

GONZÁLEZ ALFARO GABRIELA ALEJANDRA

Carne: 2013-61921 Turno Diurno Plan de Estudios 97-15 de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es EGRESADO de la Carrera de INGENIERIA CIVIL.

Se extiende la presente CARTA DE EGRESADO, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los diez días del mes de junio del año dos mil diecinueve.

Atentamente



Dr. Francisco Efraín Chamorro Blandón
Secretario de Facultad



No. Recibo **85311**

No. Inscripción **1144**

TURN0:

FECHA: 05/06/2019

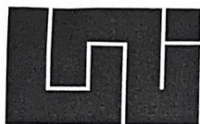
F:Frecuencia de Inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura.

FIRMA Y SELLO DEL
FUNCIONARIO

FIRMA DEL
ESTUDIANTE

cc:ORIGINAL:ESTUDIANTE - COPIA:EXPEDIENTE.

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 13-jun.-2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
SECRETARIA DE FACULTAD

HOJA DE MATRICULA
AÑO ACADEMICO 2019

No. Recibo **85312**

No. Inscripción **1143**

NOMBRES Y APELLIDOS: Gabriela Alejandra González Alfaro

CARRERA: INGENIERIA CIVIL

CARNET: 2013-61921

TURNO: Diurno

PLAN DE ESTUDIO: 97-15

SEMESTRE: PRIMER SEMESTRE
2019

FECHA: 05/06/2019

No.	ASIGNATURA	GRUPO	AULA	CRED.	F	R
1	ULTIMA LINEA					

F:Frecuencia de Inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura.

AJIMENEZ

GRABADOR

FIRMA Y SELLO DEL
FUNCIONARIO

FIRMA DEL
ESTUDIANTE

cc:ORIGINAL:ESTUDIANTE - COPIA:EXPEDIENTE.

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 21-jun-2019